

명세서

발명의 명칭: 이차전지 화재 억제제, 이차전지 화재 억제 부재, 및 이차전지

기술분야

- [1] 본 발명은 이차전지 화재 억제제, 이차전지 화재 억제 부재, 및 이차전지에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 이차전지의 화재를 효과적으로 억제할 수 있는 이차전지 화재 억제제, 이차전지 화재 억제 부재, 및 이차전지에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 높은 전기에너지의 집적도를 갖는 이차전지는 충격에 취약할 수 있다.
- [3] 이차전지는 내부결함이나 외부충격에 의해 집적된 고에너지를 순간적으로 방출하면서 짧은 시간 안에 열폭주를 유발하여 화재를 동반하기 때문에, 사고에 대한 대처가 매우 어렵다.
- [4] 이차전지에 화재가 발생하면 이를 진화하고자 시도하는 것이 통상적인 대처 방법이다.
- [5] 이차전지에 존재하는 리튬은 녹는점인 108.5 °C에서 액화하고, 500 °C 이상에서 빠르게 기화한다. 이차전지의 열폭주 시에 백색의 가스가 발생하는데, 이 백색의 가스의 주성분은 기화된 리튬이다. 리튬이 기화에 따라 배터리 셀 내부의 압력은 상승되며, 1337 °C에서 완전히 기체화한다. 이러한 압력의 상승에 따라 이를 견디지 못하고 배터리 셀이 터지면, 리튬 가스가 급격히 산소와 반응하면서 화염과 열이 발생되고, 열폭주하게 된다.
- [6] 따라서, 이차전지의 화재에 대처하는 방법으로 종래와 같이 화재 발생 이후의 진화에 의존하는 것은 적절하지 않다. 즉, 이차전지의 열폭주를 사전에 차단하거나 열폭주가 발생하여도 신속하게 화재를 억제할 수 있는 새로운 기술이 요구된다.
- [7] [선행기술문헌]
- [8] [특허문헌]
- [9] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2022-0125085호

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [10] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제를 해결하기 위하여, 이차전지의 화재를 효과적으로 억제할 수 있는 화재 억제제 및 이를 포함하는 화재 억제 부재를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.
- [11] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있다.

과제 해결 수단

- [12] 본 발명의 일 실시예에 따른 화재 억제제는, 분해 개시 온도를 가지는 하나 이상의 제 1 물질: 및 상기 제 1 물질과 혼합되어 상기 제 1 물질을 바인딩하는 제 2 물질:을 포함하고, 상기 제 1 물질은, 분해 개시 온도에 도달하면 분해되어 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있다.
- [13] 상기 제 1 물질은 소화성 물질이고, 상기 제 2 물질은 유기 바인더일 수 있다.
- [14] 상기 소화성 물질은 2개 이상의 소화성 물질을 포함하고, 상기 2개 이상의 소화성 물질은 2개 이상의 분해 개시 온도를 가지며, 단계적으로 분해되어 상기 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있다.
- [15] 상기 제 1 물질은 탄산염, 염화염, 수산화염, 인산염 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [16] 상기 탄산염은 탄산나트륨(Na_2CO_3), 중탄산나트륨(NaHCO_3), 탄산칼륨(K_2CO_3), 중탄산칼륨(KHCO_3), 탄산암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$), 중탄산암모늄(NH_4HCO_3) 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [17] 상기 염화염은 염화암모늄(NH_4Cl), 염화칼륨(KCl), 염화알루미늄(AlCl_3), 염화나트륨(NaCl) 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [18] 상기 수산화염은 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 수산화마그네슘($\text{Mg}(\text{OH})_2$) 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [19] 상기 인산염은 인산암모늄($(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$), 인산나트륨(Na_3PO_4), 인산칼륨(K_3PO_4) 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [20] 상기 화재 억제제는, 페이스트상, 액체상, 기체상 중 하나 이상의 상으로 마련될 수 있다.
- [21] 상기 제 2 물질은 유기계 접착제 및 엘라스토머 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [22] 본 발명의 다른 실시형태에 따른 화재 억제 부재는, 한 쌍의 섬유 부재; 및
- [23] 한 쌍의 상기 섬유 부재의 사이에 마련되고, 분해 개시 온도를 가지며 상기 분해 개시 온도에 도달하면 분해되어 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 하나 이상의 소화성 물질: 및 상기 소화성 물질과 혼합되는 유기 바인더를 포함하는 화재 억제제를 포함하여, 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있다.
- [24] 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른 이차전지는, 분해 개시 온도를 가지는 하나 이상의 소화성 물질: 및 상기 소화성 물질과 혼합되는 유기 바인더:를 포함하고, 상기 소화성 물질은, 분해 개시 온도에 도달하면 분해되어 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제제를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [25] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이차전지의 화재를 효과적으로 억제할 수 있는 화재 억제제, 화재 억제 부재, 및 이를 포함하는 이차전지를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [26] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제의 개념도이다.

- [27] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지셀의 열폭주중에 발생된 일산화탄소 및 아세틸렌 가스에 대한 퓨리에 변환 적외선 분석(FRIT) 실험 그래프이다.
- [28] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제의 페이스트상을 나타낸 사진이다.
- [29] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제 부재를 나타낸 사진이다.
- [30] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제 부재의 사용예를 설명하기 위한 예시도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [31] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다.
- [32] 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [33] 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [34] 본 발명의 기술적 사상은 청구범위에 의해 결정되며, 이하의 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 효율적으로 설명하기 위한 일 수단일 뿐이다.
- [35] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [36] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [37] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제를 도식화한 예시이다.
- [38] 도 1에서 보는 바와 같이, 이차전지 화재 억제제 (100)는 이차전지의 화재를 억제하기 위한 것으로, 제 1 물질과 제 2 물질을 포함할 수 있다. 제 1 물질은 분해 개시 온도를 가지며 소화성을 가지는 물질이며, 이하 본 발명의 실시예를 설명할 때 소화성 제제, 소화성 물질, 및 소화성 분말 중 하나로 지칭될 수 있다. 또한, 제

2 물질은 제 1 물질과 혼합되어 상기 제 1 물질을 바인딩하는 물질이며, 이하 본 발명의 실시예를 설명함에 있어서 유기 바인더(120)로 지칭될 수 있다.

- [39] 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제 (100)는 소화성 물질(110) 및 유기 바인더(120) 포함할 수 있다. 소화성 물질(100)은 액상, 기상, 고상, 분상 등의 상태에서 기능할 수 있는 소화성을 가지는 조성물을 의미하며, 이하, 소화성 물질(100) 내지 소화성 분말(100)로서 설명되는 경우가 있으나, 이는 대표적인 실시예를 설명하기 위한 것으로 특정 상태나 형태로 한정되어 해석되지 않는다.
- [40] 소화성 물질(110)는 산소와의 접촉을 차단하여 화재에 대한 질식성을 유발할 수 있고 리튬과의 반응성을 갖는 탄산이온과, 1가 또는 2가 양이온이 결합한 것일 수 있다.
- [41] 소화성 물질(110)은 무기염일 수 있으며, 예를 들어 무기염 분말일 수 있다. 그리고, 무기염 제제는 산소 라디칼 흡수력이 강한 주기율표 상의 알칼리금속, 알칼리토금속 및 암모늄계 물질을 포함할 수 있다.
- [42] 알칼리금속 계열로는 탄산나트륨(Na_2CO_3), 중탄산나트륨(NaHCO_3), 탄산칼륨(K_2CO_3) 및 중탄산칼륨(KHCO_3) 중 하나 이상이 포함될 수 있다.
- [43] 그리고, 알칼리토금속류로는 탄산수소마그네슘 ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$), 탄산마그네슘 (MgCO_3), 탄산칼슘(CaCO_3) 및 중탄산칼슘($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) 중 하나 이상이 포함될 수 있다.
- [44] 또한, 암모늄계 물질로는 탄산암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) 및 중탄산암모늄(NH_4HCO_3) 중 하나 이상이 포함될 수 있다.
- [45] 소화성 물질(110)은 구체적으로는 무기탄산염일 수 있다.
- [46] 탄산염이 열에 의해 분해되면, 반응성 분해가스 및 양이온성 금속이온이 자동으로 분출될 수 있다.
- [47] 분리막의 훼손, 외부 압력의 인가 등의 내외부의 원인에 의하여 이차전지에 손상이 발생하게 되면, 분리막의 훼손으로 인한 양극과 음극 간의 단락으로 저항이 증가하게 된다. 이에 따라 발생하는 저항열과 병행하여 전해질 물질의 열분해 및 가연성 및 독성 가스를 유발하는 급격한 발열 반응이 동반되어, 아래 표 1과 같이 이차전지의 온도 및 내부압력이 급격히 상승하게 된다.

[표1]

압력(기압)	0.00001	0.0001	0.001	0.01	0.1	1
온도(°C)	524	612	722	871	1064	1337

- [49] 여기서, 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제에 포함되는 탄산염, 예를 들어, 리튬 전지에 포함되는 탄산염이 이러한 열에 직면하게 되면 아래 반응식과 같이 반응하여 분해될 수 있다.
- [50] 이러한 현상은 배터리 셀 내부의 유기물의 영향도 있으나 무엇보다 큰 요인은 아래 [화학식 1] 및 [화학식 2]에서 보는 바와 같이, 리튬이온이 전자를 얻어 리튬

금속이 되어 그 자체로 기화하거나, 공기 중 질소와 결합하여 질화리튬을 형성하는데 있다.

[51]

[52] [화학식 1]

[53] $\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$

[54] [화학식 2]

[55] $6\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{Li}_3\text{N}$

[56]

[57] 그리고, 아래 [화학식 3] 내지 [화학식 5]에서 보는 바와 같이, 리튬이나 질화리튬은 수증기나 산소와 급격히 반응하여 강한 열을 내면서 과산화리튬 또는 산화리튬으로 연소하게 된다.

[58] [화학식 3]

[59] $4\text{Li} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Li}_2\text{O}$

[60] [화학식 4]

[61] $4\text{Li} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{LiOH}$

[62] [화학식 5]

[63] $2\text{Li} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2$

[64]

[65] 한편, 이러한 고온의 환경에서 본 발명의 실시예에 따른 탄산염이 분해되어 반응성 분해가스와 양이온성 금속이온이 생성될 수 있다.

[66] 생성되는 반응성 분해가스는 이차전지에서 분출되는 가연성 가스(리튬가스)를 비가연화할 수 있다. 탄산염이 열에 의해 분해되어 분출되는 반응성 분해가스는 이산화탄소(CO_2)일 수 있다.

[67] 그리고, 양이온성 금속이온은 전기적 스파크나 불꽃으로부터 발생하는 라디칼을 흡수하여 연쇄적인 연소반응이 차단되도록 할 수 있다.

[68] 아래 화학식 6 및 화학식 7에서 보는 바와 같이, 이차전지에 화재가 발생하게 되면, 발생하는 열에 의해 탄산염이 분해되어 이산화탄소가 방출될 수 있다. 그러면, 기화하는 리튬은 이산화탄소 및 산소와 반응하여 탄산염으로 전환됨으로써 비가연화될 수 있다.

[69] 이와 같이, 탄산염이 분해되면서 이산화탄소를 방출하고, 이산화탄소에 의한 질식 효과로 산소의 접근이 차단되면, 이차전지 화재로 인한 연소가 효과적으로 포완화되거나, 또는 효과적으로 소화될 수 있다.

[70]

[71] [화학식 6]

[72] $4\text{Li} + 2\text{CO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Li}_2\text{CO}_3$

[73] [화학식 7]

[74] $2\text{Li} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{LiHCO}_3$

- [75]
- [76] 한편, 다양한 원인에 의해 이차전지의 온도 및 내부압력이 급격히 상승하는 상황에서 이차전지 내부에서 발생하는 스파크에 의해 라디칼 이온이 발생하게 됨으로써 이차전지에 착화를 유발할 수 있다.
- [77] 본 발명의 실시예에 따른 소화성 물질(110)에 포함되는 탄산염이 열에 의해 분해될 때에는 양이온성 금속이온(예를 들면, 알칼리금속 또는 알칼리토금속)이 생성될 수 있다.
- [78] 여기서, 라디칼 이온은 양이온성 금속이온에 흡수될 수 있다. 이를 통해, 이차전지에서 스파크의 발생이 억제될 수 있으며, 이차전지의 착화는 차단될 수 있다. 즉, 이러한 부촉매 효과에 의하면 이차전지의 연쇄적인 연소반응이 억제되도록 할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제를 포함하는 이차전지의 화재의 예방이 가능하고, 발생한 화재의 확산이 억제될 수 있다.
- [79]
- [80] 여기서, 본 발명의 실시예에 따른 소화성 물질(110)에 포함될 수 있는 탄산염은 탄산나트륨(Na_2CO_3), 중탄산나트륨(NaHCO_3), 탄산칼륨(K_2CO_3), 중탄산칼륨(KHCO_3), 탄산수소마그네슘($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$), 탄산마그네슘(MgCO_3), 탄산칼슘(CaCO_3), 중탄산칼슘($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), 탄산암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) 및 중탄산암모늄(NH_4HCO_3) 중 하나 이상일 수 있다. 여기서, 아래 표 2에서와 같은 각 탄산염의 분해 개시 온도에 따라 하나의 탄산염이 포함될 수도 있고, 이들이 2개 이상 배합되어 포함될 수도 있다.

[81] [표2]

구분	화학식	분자량	분해개시온도(°C)
중탄산암모늄	NH_4HCO_3	79.06	41-45
탄산암모늄	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	96.09	60
중탄산나트륨	NaHCO_3	84	80
탄산나트륨	Na_2CO_3	105.99	100
중탄산칼륨	KHCO_3	100.1	100-200
탄산칼륨	K_2CO_3	138.2	850
탄산마그네슘	MgCO_3	84.3	350(무수물)
			165(삼수화물)

- [82] 여기서, 분해 개시 온도는 탄산염의 분해가 시작되는 온도일 수 있다. 표 2에서 기재된 바와 같이, 각각의 탄산염은 고유한 분해 개시 온도를 가질 수 있다. 사용자의 요구, 예를 들어 요구되는 탄산염이 분해되어 화재 억제 기능이 발휘되어야 하는 온도, 이차전지에 포함될 수 있는 유기성 물질과의 반응성이나 분자량의

차이에 따른 중량 조절 등의 필요에 따라 탄산염이 선정될 수 있으며, 이차전지 화재 억제제에 포함될 수 있다.

[83]

[84] 더불어, 아래 표 3에서와 같이, 2개 이상의 탄산염이 배합되어 이차전지 화재 억제제에 포함될 수 있다. 이러한 배합은 단계적인 화재 억제를 달성하기 위한 것으로, 화재 억제제의 효과를 더욱 보장할 수 있는 효과가 있다. 여기서, 표 2에 기재된 탄산염이 분해되는 분해 개시 온도에 탄산염이 분해되기 시작하여 화재 억제 기능을 달성하는 바, 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제는 화재 발생의 위험 온도에 가장 가까운 분해 개시 온도를 갖는 탄산염이 50% 이상 포함될 수 있다. 또한, 위험 온도보다 같거나 낮으면서 화재 발생의 위험 온도에 가장 가까운 분해 개시 온도를 갖는 탄산염이 50% 이상 포함될 수도 있다.

[85] [표3]

분해 개시 온도	60°C	100°C	150°C
탄산암모늄	55 중량%	10 중량%	
중탄산칼륨	20 중량%	60 중량%	10 중량%
탄산마그네슘	5 중량%	10 중량%	70 중량%

[86] 여기서, 화재 억제를 위해 탄산염의 분해가 개시되는 분해 개시 온도는 의해 선택될 수 있다. 이러한 선택은, 리튬이온 이차전지의 생산자 또는 리튬이온 이차전지가 장착되는 제품의 생산자의 설정에 따를 수 있다. 이차전지 수요자의 생산 환경 및 사용환경에 따라 위험 온도라고 판단하는 온도가 다를 수 있다. 예를 들면, 60°C 이상에서 리튬이온 이차전지의 화재 위험이 있다고 판단되거나, 화재가 발생한 것이라고 판단할 수 있을 것이다. 상황에 따라 100°C 이상에서 리튬이온 이차전지의 화재 위험이 있다고 판단하거나, 화재가 발생한 것이라고 판단할 수 있기 때문이다. 따라서, 이차전지의 사용온도 범위를 고려한 특정 온도 범위를 위험 온도 범위라고 판단하고, 그 위험 온도 범위에 포함되는 분해 개시 온도를 가지도록 탄산염을 포함하도록 하거나, 또는 그 위험 온도 범위에는 포함되지 않더라도 그 위험 온도보다 낮거나 높은 분해 개시 온도를 가지는 탄산염이 추가적으로 선정되어 배합될 수 있다.

[87] 예를 들어, 표 3에 기재된 바와 같이, 사용자가 판단하는 위험 온도 범위가 60°C 이상인 경우, 탄산염은 55 중량%의 탄산암모늄, 20중량%의 중탄산칼륨 및 5 중량%의 탄산마그네슘을 포함할 수 있다. 탄산염은 이들의 배합으로 형성될 수 있다. 이렇게 되면, 가장 많은 중량%를 차지하는 탄산암모늄이 위험 온도인 60°C에서 먼저 분해되어 1차로 소화 공정이 진행될 수 있다. 그런데 만일 1차 소화 작용으로도 소화가 되지 않고, 온도가 더욱 증가하여 100~120°C가 되면, 그 다음으로 많은 중량%를 차지하는 중탄산칼륨이 분해되어 2차로 소화 공정이 진행될 수 있다. 그럼에도 불구하고 온도가 더욱 증가하게 되어 탄산마그네슘의 분해 개시 온

도까지 온도가 오른다면, 탄산마그네슘에 의한 3차 소화 공정이 진행될 수 있다. 즉, 온도가 증가하게 되면, 단계별로 소화 공정이 진행될 수 있다.

[88] 만일, 탄산염이 위험 온도 범위에 포함되는 분해 개시 온도를 가지는 물질만으로 이루어지는 경우, 해당 분해 개시 온도에서 모든 물질의 분해가 이루어지고 소화 공정이 이루어지게 된다. 그러나, 이러한 소화 공정에도 불구하고 완전한 소화가 되지 못하면, 이후 화재 온도의 급격한 상승을 막지 못해 열폭주 발생을 지연시킬 수 없다. 이는 차량의 운전자가 차량에서 대피할 시간을 제공하지 못하게 된다.

[89] 그러나, 본 발명의 실시예와 같이, 2개 이상의 탄산염이 배합되고, 탄산염이 위험 온도 범위에 포함되지 않으면서 위험 온도 범위의 하한과 같거나 낮은 분해 개시 온도를 가지는 탄산염이 배합되어 단계별로 소화 공정이 진행된다면, 화재 온도의 급격한 상승을 막을 수 있고, 열폭주 발생을 지연시킬 수 있다. 그리고 이는 차량의 운전자가 대피할 수 있는 시간을 제공하는 효과가 있다.

[90]

[91] 이차전지는 많은 종류의 유기성 화합물이 양극과 음극 그리고 전해질로써 포함된다. 이차전지 화재의 특징적 현상인 열폭주 발생, 즉 이차 전지 내부의 셀에서 고온의 가연성 가스 분출되고 팩 내외부의 산소와 결합하고 전기적 단락 또는 고온에 의한 발화가 발생하는 열폭주 및 화염 발생이 문제되는데, 이 과정에서 독성을 가진 물질들이 발생될 수 있다.

[92] 하기 표 4는 예시적인 이차전지의 열폭주시 발생하는 주요가스이다.

[93] [표4]

가연성 가스	부피함량(%)
Hydrogen(수소)	30.6%
Carbon Dioxide(이산화탄소)	29.9%
Carbon Monoxide(일산화탄소)	21.3%
Methane(메탄)	7.2%
Ethylene(에틸렌)	5.6%
Propane or Propylene(프로판 또는 프로필렌)	2.0%
Ethane(에탄)	1.8%
Other(기타)	1.6%

[94]

[95] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제를 포함하는 이차전지에서 열폭주 및 화재 중에 발생하는 가스를 살펴보기 위한 그래프이다.

- [96] 화재 억제제는 이차전지에 다양한 형태로 포함될 수 있는데, 도 2는, 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제를 함침한 부재를 부착한('CO ppm 부재' 및 'C₂H₆ ppm 부재') 경우와 부착하지 않은('CO ppm' 및 'C₂H₆ ppm') 경우에 이차전지의 열폭주 및 화재 중에 발생된 염화수소 및 불화수소 가스에 대한 퓨리에 변환 적외선 분석(FRIT) 실험 그래프이다.
- [97] 도 2에 도시된 바와 같이, 이차전지 화재 억제제(100)가 포함된 이차전지는 부착하지 않은 경우보다, 이차전지의 화재시 발생하는 가연성 가스인 일산화탄소(CO)와 아세틸렌(C₂H₆)을 효과적으로 억제하는 것을 확인할 수 있다. 이처럼 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제(100)는, 이차전지 열폭주 및 화재시 발생하는 화재를 효과적으로 억제 내지 중화시킬 수 있다.
- [98] 이러한 중화는 흡착 및 변환 반응으로 설명될 수 있다. 즉, 이차전지 화재 억제제는 이차전지의 열폭주 시 발생하는 화재에 대한 흡착 및 변환 반응을 일으키는 탄산이온, 염화이온, 수산화이온, 인산이온 중 하나(1) 또는 둘(2) 이상 배합된 것과 1가, 2가, 및 3가 양이온 중 하나(1) 또는 둘(2) 이상 배합된 것이 결합한 것일 수 있다.
- [99] 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제는 페이스트상, 액체상, 기체상 중 하나(1) 또는 둘(2) 이상의 상태로 마련될 수 있다. 이렇게 마련된 이차전지 화재 억제제는 이차전지 내부에 별도의 구획된 영역에 위치될 수 있다. 또한, 이차전지 화재 억제제는 별도로 구획된 영역에 위치되지 않고 시트 등에 함침된 상태로 이차전지 내에 위치될 수 있다. 이 경우, 이차전지 화재 억제제가 함침된 시트는 이차전지의 각 셀을 형성하는 파우치의 외측면, 내측면, 또는 중간층으로서 내부면에 위치될 수 있고, 파우치 전체면에 포함될 수 있을 뿐만 아니라 파우치 면의 일부에 포함될 수도 있다.
- [100] 더불어, 이차전지 화재 억제제가 함침된 시트는 이차전지를 수용하는 배터리팩 케이스의 내부면에 도포, 부착되거나 배터리 팩 내외부에서 분사되어 포함될 수도 있다.
- [101] 본 발명의 실시예에 따른 이차전지의 열폭주에 의해 이차전지 화재 억제제가 열에 의해 분해되면, 반응성 분해 가스 및 양이온성 금속이온이 발생 및 분출될 수 있다.
- [102] 분출되는 반응성 분해가스는, 이차전지에서 분출되는 독성가스를 비독성화 할 수 있다. 탄산염, 염화염, 수산화염 또는 인산염 중 하나(1) 또는 둘(2) 이상을 포함하여 마련된 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제가 열에 의해 분해되어 분출되는 반응성 분해가스는 이산화탄소(CO₂), 염소가스, 수산화라디칼, 인산가스 중 하나(1)의 또는 둘(2) 이상 배합된 것일 수 있다.
- [103] 그리고, 양이온성 금속이온은 전기적 스파크나 불꽃으로부터 발생하는 라디칼을 흡수하여 연소반응이 연쇄적으로 일어나는 것을 차단되도록 하여 화재의 연쇄적인 발생을 억제할 수 있다.

- [104] 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제에 포함되는 탄산염은 탄산나트륨(Na_2CO_3), 중탄산나트륨(NaHCO_3), 탄산칼륨(K_2CO_3), 중탄산칼륨(KHCO_3), 탄산암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$), 중탄산암모늄(NH_4HCO_3) 중 하나 이상을 포함하는 이차전지 화재 억제제일 수 있다.
- [105] 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제에 포함될 수 있는 염화염은 염화암모늄(NH_4Cl), 염화칼륨(KCl), 염화알루미늄(AlCl_3), 염화나트륨(NaCl) 중 하나(1) 또는 둘(2) 이상 배합된 것을 포함하는 화재 억제제일 수 있다.
- [106] 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제에 포함될 수 있는 수산화염은 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 수산화마그네슘($\text{Mg}(\text{OH})_2$) 중 하나(1) 또는 둘(2) 이상 배합된 것을 포함하는 화재 억제제일 수 있다.
- [107] 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제에 포함될 수 있는 인산염은 인산암모늄($(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$), 인산나트륨(Na_3PO_4), 인산칼륨(K_3PO_4) 중 하나(1) 또는 둘(2) 이상 배합된 것을 포함하는 화재 억제제일 수 있다.
- [108]
- [109] 이차전지 화재 억제제 중 탄산염 물질의 배합 예는 위의 표 5에서와 같이 실시될 수 있다.

[110] [표5]

가연성 가스	CO	C_2H_3	CH_4
탄산나트륨	55 중량%	10 중량%	10 중량%
중탄산칼륨	20 중량%	60 중량%	10 중량%
탄산마그네슘	5 중량%	10 중량%	70 중량%

- [111] 이차전지 화재 억제제 중 염화염 물질의 배합 예는 위의 표 6에서와 같이 실시될 수 있다.

[112] [표6]

가연성 가스	CO	C_2H_3	CH_4
염화암모늄	30 중량%	20 중량%	20 중량%
염화칼륨	20 중량%	40 중량%	30 중량%
염화알루미늄	10 중량%	10 중량%	20 중량%

- [113] 이차전지 화재 억제제 중 수산화염의 배합 예는 표 7에서와 같이 실시될 수 있다.

[114] [표7]

가연성 가스	CO	C_2H_3	CH_4
수산화나트륨	40 중량%	40 중량%	30 중량%
수산화칼슘	20 중량%	20 중량%	20 중량%

수산화마그네슘	10 중량%	10 중량%	20 중량%
---------	--------	--------	--------

[115] 이차전지 화재 억제제 중 인산염 물질의 배합 예는 표 8에서와 같이 실시될 수 있다.

[116] [표8]

가연성 가스	CO	C ₂ H ₂₃	CH ₄
인산암모늄	20 중량%	40 중량%	30 중량%
인산칼륨	20 중량%	10 중량%	20 중량%
인산칼슘	10 중량%	10 중량%	10 중량%
인산마그네슘	10 중량%	10 중량%	10 중량%

[117] 여기서, 가연성 가스를 고려하여 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제에 포함되는 탄산염이 선택될 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제가 포함된 이차전지의 사용환경(작동 온도 등)이나 위험한 가연성 가스라고 판단되는 가스의 종류를 고려하여 이차전지 생산자 또는 사용자에게 의해 선택될 수 있다.

[118] 즉, 사용환경이나 작동환경에 따라 이차전지를 사용함에 있어 위험한 화재를 유발할 수 있는 가스라고 판단되는 가연성 가스가 다를 수 있다. 예를 들면, CO가 이차전지의 위험한 화재를 유발할 수 있는 가스라고 판단할 수 있다. 이 경우, 위험한 화재를 유발할 수 있는 가연성 가스에 따라 탄산염 중 일부가 적절하게 선정되어 단독으로 사용되거나 배합되어 사용될 수 있다.

[119] 예를 들어, 위험한 화재를 유발할 수 있는 가연성 가스가 일산화탄소(CO)인 경우, 탄산나트륨 55중량%, 중탄산나트륨 20 중량%, 탄산마그네슘 5 중량%를 포함할 수 있다. 탄산염은 이들의 배합으로 형성될 수 있다. 또한, 염화암모늄 30중량%, 염화칼륨 20 중량%, 염화알루미늄 10 중량%를 포함할 수도 있다. 염화염은 이들이 배합으로 형성될 수 있다. 또한, 수산화나트륨 40 중량%, 수산화칼슘 20 중량%, 수산화 마그네슘 10 중량%를 포함할 수 있다. 수산화염 분말은 이들의 배합으로 형성될 수 있다. 또한, 인산암모늄 20 중량%, 인산칼륨 20 중량%, 인산칼슘 10 중량% 인산마그네슘 10 중량%를 포함할 수 있다. 인산염은 이들의 배합으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 탄산염, 염화염, 수산화염, 또는 인산염 중 하나 이상을 배합할 수도 있다.

[120] 한편, 유기 바인더(120)는 탄산염과 혼합(121)될 수 있다.

[121] 그리고, 유기 바인더(120)는 유기계 접착제 및 엘라스토머(Elastomer) 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 이를 통해, 이차전지 화재 억제제(100)는 임의의 형태를 이룰 수 있다.

[122] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제의 페이스트 상태를 나타낸 사진이다.

- [123] 도 3에서 보는 바와 같이, 이차전지 화재 억제제는 유기계 접착제 및 고무류 중 하나 이상을 포함하는 유기 바인더(120)와 혼합되어 페이스트 상태로 형성될 수 있다.
- [124] 구체적인 예로, 도 3의 이차전지 화재 억제제는 80 중량%의 탄산염과 유기 바인더(120)로 20중량%의 연질 폴리우레탄이 혼합된 것이다.
- [125] 이와 같은 페이스트 상태의 이차전지 화재 억제제는 이차전지를 수용하는 케이스(도 5를 참조했을 때, 배터리 팩 커버(20)에 대응)의 내부면에 도포 또는 코팅될 수 있다.
- [126] 이차전지에 화재가 발생하고, 온도가 증가하여 위험 온도라 판단되는 온도 범위에 도달하면, 각 탄산염은 분해 개시 온도에 따라 순차적으로 분해되어 이산화탄소 및 양이온성 금속이온을 분출할 수 있다.
- [127] 이를 통해, 이차전지로부터 발생하는 가연성 가스에 이산화탄소에 의한 질식 효과로 산소의 접근이 차단되도록 할 수 있다. 그리고, 착화의 원인이 될 수 있는 리튬이 탄산리튬으로 전환되도록 하여 비가연화되도록 하고, 스파크에 의해 발생하는 라디칼이 흡수되도록 하여 화재의 확산이 억제되도록 할 수 있다.
- [128] 이차전지 화재 억제제는 탄성을 가지는 패드 형태로 마련될 수도 있다.
- [129] 이차전지가 복수 개가 마련되는 경우, 패드 형태로 마련된 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제제 패드 패드는 복수 개의 이차전지의 사이들 중 적어도 어느 하나의 사이에 위치되어 마련될 수 있다.
- [130] 이차전지에 화재가 발생하고, 열이 발생하여 위험 온도라 판단되는 온도 범위에 도달하면, 이차전지 화재 억제제 패드의 각 탄산염은 분해 개시 온도에 따라 순차적으로 분해되어 이산화탄소 및 양이온성 금속이온을 분출할 수 있다. 이를 통해, 화재의 확산이 억제되거나 소화되도록 할 수 있다.
- [131] 한편, 필요시에는 이차전지 화재 억제제(100)에는 고체 분말이 더 포함될 수도 있다.
- [132] 도 4은 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제 부재를 나타낸 사진이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 이차전지 화재 억제 부재의 층간 분해도이다.
- [133] 도 4 및 도 5에서 보는 바와 같이, 이차전지 화재 억제 부재(1000)는 한 쌍의 섬유 부재(210, 220) 및 이차전지 화재 억제제(100)를 포함할 수 있다.
- [134] 한 쌍의 섬유 부재(210, 220)는 비가연성의 섬유 부재일 수 있다. 그리고, 이차전지 화재 억제제(100)는 한 쌍의 섬유 부재(210, 220)의 사이에 마련될 수 있다.
- [135] 본 실시예에서 이차전지 화재 억제 부재(1000)는, 페이스트 상태의 이차전지 화재 억제제(100)가 어느 하나의 섬유 부재(220)에 먼저 도포되고, 이후 그 상부에 다른 섬유 부재(210)가 덮여져서 형성될 수 있다. 페이스트 상태의 이차전지 화재 억제제(100)의 코팅을 위해, 코터(coater)가 사용될 수 있다.

- [136] 또는, 이차전지 화재 억제 부재(1000)는, 이차전지 화재 억제제(100)가 먼저 패드 형태로 성형되고, 이후 한 쌍의 섬유 부재(210,220)가 패드 형태로 성형된 이차전지 화재 억제제 패드의 양면에 부착되어 형성될 수도 있다.
- [137] 이차전지 화재 억제부재(1000)는 이차전지의 적어도 일부를 덮도록 구비될 수 있다. 도 4를 참조하면, 이차전지 화재 억제 부재(1000)는 배터리 팩 커버(20)의 내측에서 배터리 팩(10)을 덮도록 구비될 수 있다.
- [138] 이차전지 화재 억제부재(1000)는 배터리 팩(10)의 형상에 대응되도록 형성될 수 있기 때문에, 배터리 팩(10) 전체를 안정적으로 덮을 수 있다.
- [139] 이차전지에 화재가 발생하고, 온도가 증가하여 위험 온도라 판단되는 온도 범위에 도달하면, 이차전지 화재 억제부재(1000)의 탄산염은 분해 개시 온도에 따라 순차적으로 분해되고, 이산화탄소 및 양이온성 금속이온이 분출될 수 있다. 이를 통해, 화재의 확산이 억제되거나 소화될 수 있다.
- [140] 도 5에서 보는 바와 같이, 이차전지 화재 억제부재(1000)는 한 쌍의 섬유 부재(210, 220), 이차전지 화재 억제제(100), 전열선(300) 및 스위치(400)를 포함할 수도 있다.
- [141] 한 쌍의 섬유 부재(210,220) 및 이차전지 화재 억제제(100)는 도 4 및 도 5에서 설명한 것과 동일할 수 있다.
- [142] 전열선(300)은 한 쌍의 섬유 부재(210, 220) 중 어느 하나의 섬유 부재(220)에 배치될 수 있다. 전열선(300)은 이차전지 화재 억제제(100)와 직접 접촉될 수 있다. 그리고, 전열선(300)은 이차전지(11)에 연결될 수 있다.
- [143] 그리고, 스위치(400)는 전열선(3W)에 연결될 수 있다. 일 실시예로, 스위치(400)는 섬유 부재(220)의 외측에서 전열선(300)에 연결될 수 있다.
- [144] 감지되는 온도가 미리 설정된 허용 온도를 초과하면, 스위치(400)는 섬유 부재(220)에 배치된 전열선(300)에 이차전지(11)의 전류가 인가되도록 할 수 있고, 전열선(300)은 가열될 수 있다. 전열선(300)은 줄(Joule) 가열될 수 있다. 여기서, 허용 온도는 사용자가 요구하는 위험 온도일 수 있다.
- [145] 따라서, 화재가 발생하고, 온도가 위험 온도를 초과하면, 이차전지(11)의 전류가 전열선(300)으로 인가되어 전열선(300)이 가열될 수 있다. 그리고, 전열선(300)의 열에 의해 탄산염은 분해될 수 있다.
- [146] 이때, 전열선(300)은 소화성 물질에 포함되는 분말 중 가장 낮은 분해 개시 온도에 대응되도록 가열될 수 있으며, 이를 통해, 가장 낮은 분해 개시 온도의 분말이 1차로 분해되도록 할 수 있다. 만일, 1차 소화 공정으로 화재가 진압되지 못하면, 온도가 상승될 것이고, 이후에는 2차, 3차의 소화 공정이 진행될 수 있다.
- [147] 스위치(400)는 사용자가 요구하는 위험 온도에 따라 허용 온도가 설정될 수 있도록 형성될 수 있다. 이를 통해, 사용자별로 다양하게 요구되는 위험 온도에 맞춰서, 이차전지 화재 억제부재(1000)의 소화 공정 개시 온도가 용이하고, 정확하게 설정될 수 있다.

- [148] 일 예로, 스위치(400)는 온도에 따라 자동으로 스위칭 동작이 구현될 수 있는 바이메탈을 포함하도록 구성될 수 있다.
- [149] 그리고, 이차전지 화재 억제부재(1000)는 온도 감지를 위한 온도 센서부(500)를 더 포함할 수도 있다. 이 경우, 스위치(400)는 온도 센서부(500)에서 감지하는 온도를 기초로 스위칭 동작하도록 구성될 수 있다.
- [150] 한편, 이차전지 화재 억제 부재(1000)는 온도를 감지 대상으로 하는 것으로 한정되지 않고, 다른 것을 감지대상으로 할 수도 있다. 예를 들면, 이차전지 화재 억제부재(1000)는 압력을 감지 대상으로 할 수도 있다.
- [151] 압력을 감지 대상으로 하는 경우, 이차전지 화재 억제부재(1000)는 압력 센서부(미도시)를 더 포함할 수 있다.
- [152] 압력 센서부는 이차전지(11)의 내부 압력을 감지할 수 있다.
- [153] 화재가 발생하여 이차전지(11)의 내부 압력이 증가하게 되고, 감지되는 압력이 미리 설정된 허용 압력을 초과하면, 스위치(400)는 섬유 부재(220)에 배치되는 전열선(300)에 이차전지(11)의 전류가 인가되도록 할 수 있고, 전열선(300)은 가열될 수 있다.
- [154] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [155] 본 발명의 범위는 후술하는 청구범위에 의하여 나타내어지며, 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.
- [156]
- [157] [부호의 설명]
- [158] 10: 배터리 팩 11: 이차전지
- [159] 20: 배터리 팩 커버 100: 이차전지 화재 억제제
- [160] 110: 소화성 물질 120: 유기 바인더
- [161] 210, 220: 섬유 부재 300: 전열선
- [162] 400: 스위치 500: 온도 센서 부
- [163] 1000: 이차전지 화재 억제 부재

청구범위

- [청구항 1] 분해 개시 온도를 가지는 하나 이상의 제 1 물질: 및
상기 제 1 물질과 혼합되어 상기 제 1 물질을 바인딩하는 제 2 물질;을 포함하고,
상기 제 1 물질은, 분해 개시 온도에 도달하면 분해되어 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제제.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 제 1 물질은 소화성 물질이고,
상기 제 2 물질은 유기 바인더인,
화재 억제제.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
상기 소화성 물질은 2개 이상의 소화성 물질을 포함하고,
상기 2개 이상의 소화성 물질은 2개 이상의 분해 개시 온도를 가지며, 단계적으로 분해되어 상기 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제제.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 제 1 물질은 탄산염, 염화염, 수산화염, 인산염 중 하나 이상을 포함하고, 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제제.
- [청구항 5] 제 4 항에 있어서,
상기 탄산염은 탄산나트륨(Na_2CO_3), 중탄산나트륨(NaHCO_3), 탄산칼륨(K_2CO_3), 중탄산칼륨(KHCO_3), 탄산암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$), 중탄산암모늄(NH_4HCO_3) 중 하나 이상을 포함하고, 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제제.
- [청구항 6] 제 4 항에 있어서,
상기 염화염은 염화암모늄(NH_4Cl), 염화칼륨(KCl), 염화알루미늄(AlCl_3), 염화나트륨(NaCl) 중 하나 이상을 포함하고, 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제제.
- [청구항 7] 제 4 항에 있어서,
상기 수산화염은 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 수산화마그네슘($\text{Mg}(\text{OH})_2$) 중 하나 이상을 포함하고, 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제제.
- [청구항 8] 제 4 항에 있어서,
상기 인산염은 인산암모늄($(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$), 인산나트륨(Na_3PO_4), 인산칼륨(K_3PO_4) 중 하나 이상을 포함하고, 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제제.
- [청구항 9] 제 2 항에 있어서,

상기 화재 억제제는, 페이스트상, 액체상, 기체상 중 하나 이상의 상으로 마련되는, 화재 억제제.

[청구항 10] 제 1 항에 있어서,
상기 제 2 물질은 유기계 접착제 및 엘라스토머 중 하나 이상을 포함하는, 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제제.

[청구항 11] 한 쌍의 섬유 부재; 및
한 쌍의 상기 섬유 부재의 사이에 마련되고, 분해 개시 온도를 가지며 상기 분해 개시 온도에 도달하면 분해되어 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 하나 이상의 소화성 물질; 및
상기 소화성 물질과 혼합되는 유기 바인더를 포함하는 화재 억제제를 포함하여, 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제 부재.

[청구항 12] 분해 개시 온도를 가지는 하나 이상의 소화성 물질; 및
상기 소화성 물질과 혼합되는 유기 바인더;를 포함하고,
상기 소화성 물질은, 분해 개시 온도에 도달하면 분해되어 가연성 유기화합물을 비가연화시킬 수 있는 화재 억제제를 포함하는, 이차전지.