



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년10월04일

(11) 등록번호 10-2450518

(24) 등록일자 2022년09월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 1/03 (2006.01) C22C 24/00 (2006.01)(52) CPC특허분류
C22C 1/03 (2013.01)
C22C 24/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-7003359

(22) 출원일자(국제) 2020년07월22일

심사청구일자 2022년02월08일

(85) 번역문제출일자 2022년01월27일

(65) 공개번호 10-2022-0025065

(43) 공개일자 2022년03월03일

(86) 국제출원번호 PCT/US2020/043019

(87) 국제공개번호 WO 2021/021510

국제공개일자 2021년02월04일

(30) 우선권주장

62/879,308 2019년07월26일 미국(US)

16/933,312 2020년07월20일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US04632889 A

US03957532 A

JP2014205897 A

JP평성01184295 A

(73) 특허권자

리벤트 유에스에이 코퍼레이션

미국 19103 펜실베이니아 필라델피아 마켓 스트리트 1818 스위트 2550

(72) 발명자

시나 유네스

미국 노스 캐롤라이나 28211 샬럿 버논 드라이브 1915

그리터 윌리엄 아서

미국 노스 캐롤라이나 28034 델러스 로어 알렉시스 코트 1514

맥조지 배리

미국 노스 캐롤라이나 28278 샬럿 디어 리버 로드 16037

(74) 대리인

리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 28 항

심사관 : 구본승

(54) 발명의 명칭 리튬 알루미늄 합금의 제조 방법

(57) 요약

리튬 알루미늄 잉곳의 제조 방법이 제공된다. 일 구현예에서, 본 제조 방법은 다음 단계들을 포함한다: 약 70 wt% 내지 90 wt%의 리튬 및 10 wt% 내지 30 wt%의 알루미늄을 포함하는 모합금을 제조하는 단계; 및 약 230 °C 내지 330 °C의 온도에서 리튬 중에 모합금을 용해시켜, 약 1500 중량 ppm 내지 2500 중량ppm의 알루미늄을 갖는 리튬 알루미늄 잉곳을 제공하는 단계. 다른 구현예에서, 본 제조 방법은 약 0.001 wt% 내지 약 1.0 wt%의 알루미늄을 갖는 리튬 알루미늄 잉곳을 생성할 수 있다.

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 리튬 알루미늄 잉곳들(lithium aluminum ingots)의 제조 방법으로서, 다음 단계들을 포함하는 제조 방법:

- (a) 70 wt% 내지 90 wt%의 리튬 및 10 wt% 내지 30 wt%의 알루미늄을 포함하는 모합금(master alloy)을 제조하는 단계;
- (b) 균일한 합금 조성물을 제공하기 위하여, 230 °C 내지 360 °C의 온도에서 리튬 중에 단계 (a)의 상기 모합금을 용해시키는 단계; 및
- (c) 상기 균일한 합금 조성물로부터 복수의 리튬 알루미늄 잉곳들을 생성하는 단계로서, 상기 리튬 알루미늄 잉곳들 각각이 1500 중량ppm 내지 2500 중량ppm의 알루미늄을 갖는, 단계.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 모합금을 제조하는 단계는 상기 알루미늄을 용융시키고 리튬을 첨가하는 단계를 포함하는, 제조 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 리튬 및 상기 알루미늄을 혼합하여 알루미늄 균질성을 갖는 균질한 혼합물을 생성하는 단계를 더 포함하는 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 단계 (a)의 상기 모합금은 185 °C 내지 330 °C의 용융점 온도를 갖는, 제조 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 단계 (a)의 상기 모합금은 200 °C 내지 300 °C의 용융점 온도를 갖는, 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 단계 (a)의 상기 모합금은 240 °C 내지 260 °C의 용융점 온도를 갖는, 제조 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 단계 (c)의 상기 리튬 알루미늄 잉곳은 균질한 합금 조성을 갖는, 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 리튬 중에 단계 (a)의 상기 모합금을 용해시키는 단계는, 상기 균일한 합금 조성물을 형성하도록 선택된 속도로 상기 모합금 및 리튬을 냉각하는 단계를 더 포함하는, 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 모합금 및 리튬은 1 °C/분 내지 100 °C/분의 속도로 냉각되는, 제조 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서, 리튬 중에서 단계 (a)의 상기 모합금을 교반하여 균질한 합금 조성물을 형성하는 단계를 더 포함하는 제조 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 리튬 중에 단계 (a)의 상기 모합금을 용해시키는 단계는, 리튬 중에서 상기 모합금을 230 °C 내지 330 °C의 온도에서 0.5 시간 내지 8 시간 동안 가열하는 단계를 포함하는, 제조 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 리튬 중에 상기 모합금을 용해시키는 단계는, 적어도 1 g/분의 속도로 상기 모합금을 상기 리튬에 첨가하는 단계를 포함하는, 제조 방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서, 상기 복수의 리튬 알루미늄 잉곳들로부터의 각각의 리튬 알루미늄 잉곳은 1900 중량ppm 내지 2100 중량ppm의 알루미늄을 갖는, 제조 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 복수의 리튬 알루미늄 잉곳들로부터의 각각의 리튬 알루미늄 잉곳은 1950 중량ppm 내지 2050 중량ppm의 알루미늄을 갖는, 제조 방법.

청구항 15

제 1 항에 있어서, 상기 복수의 리튬 알루미늄 잉곳들은, 각각의 리튬 알루미늄 잉곳 사이에서, 20% 이하의 알루미늄 함량 분산(variance)을 갖는, 제조 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 복수의 리튬 알루미늄 잉곳들은, 각각의 리튬 알루미늄 잉곳 사이에서, 5% 이하의 알루미늄 함량 분산을 갖는, 제조 방법.

청구항 17

0.001 wt% 내지 1.0 wt%의 알루미늄 함량을 갖는 리튬 알루미늄 잉곳의 제조 방법으로서, 다음 단계들을 포함하는 제조 방법:

(a) 70 wt% 내지 90 wt%의 리튬 및 10 wt% 내지 30 wt%의 알루미늄을 포함하는 모합금을 제조하는 단계; 및

(b) 0.001 wt% 내지 1.0 wt%의 알루미늄을 갖는 리튬 알루미늄 잉곳을 제공하기 위하여, 단계 (a)의 상기 모합금을 230 °C 내지 330 °C의 온도에서 리튬 중에 용해시키는 단계.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 모합금을 제조하는 단계는 알루미늄을 용융시키고 리튬을 첨가하는 단계를 포함하는, 제조 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 리튬 및 상기 알루미늄을 혼합하여 알루미늄 균질성을 갖는 균질한 혼합물을 생성하는 단계를 더 포함하는 제조 방법.

청구항 20

제 17 항에 있어서, 단계 (a)의 상기 모합금은 185 °C 내지 330 °C의 용융점 온도를 갖는, 제조 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서, 단계 (a)의 상기 모합금은 200 °C 내지 300 °C의 용융점 온도를 갖는, 제조 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 단계 (a)의 상기 모합금은 240 °C 내지 260 °C의 용융점 온도를 갖는, 제조 방법.

청구항 23

제 17 항에 있어서, 단계 (b)의 상기 리튬 알루미늄 잉곳은 균일한 조성을 갖는, 제조 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 리튬 중에 단계 (a)의 상기 모합금을 용해시키는 단계는, 상기 균일한 합금 조성물을 형성 하도록 선택된 속도로 상기 모합금 및 리튬을 냉각하는 단계를 더 포함하는, 제조 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서, 상기 모합금 및 리튬은 1 °C/분 내지 100 °C/분의 속도로 냉각되는, 제조 방법.

청구항 26

제 23 항에 있어서, 리튬 중에서 단계 (a)의 상기 모합금을 교반하여 상기 균일한 합금 조성물을 형성하는 단계 를 더 포함하는 제조 방법.

청구항 27

제 17 항에 있어서, 리튬 중에 단계 (a)의 상기 모합금을 용해시키는 단계는, 리튬 중에서 상기 모합금을 230 °C 내지 330 °C의 온도에서 0.5 시간 내지 8 시간 동안 가열하는 단계를 포함하는, 제조 방법.

청구항 28

제 17 항에 있어서, 리튬 중에 상기 모합금을 용해시키는 단계는, 적어도 1 g/분의 속도로 상기 모합금을 상기 리튬에 첨가하는 단계를 포함하는, 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

관련된 출원

하기 출원은 2019년 7월 26일에 출원된 미국 임시출원 제 62/879,308에 대한 우선권을 주장하고, 그 출원의 개 시내용은 그 전체가 본 명세서에 통합된다.

발명의 분야

본 발명은 향상된 일관성 및 증가된 균질성을 갖는 리튬 알루미늄 합금의 제조 공정에 관한 것이다.

배경 기술

리튬 알루미늄 합금은 여객기 부품의 생산 및 배터리의 애노드의 형성을 포함하는 다양한 응용 분야에 유용하다. 특히, 리튬 알루미늄 합금으로 만들어진 애노드는 높은 전류 및 용량 밀도와 긴 수명을 갖는 배터리를 제공한다. 몰드(mold)가 추가 처리를 위해 리튬 알루미늄 합금을 리튬 알루미늄 잉곳들(ingots)과 같은 다양한 제품으로 주조하는 데 사용될 수 있다.

그러나, 리튬 알루미늄 합금 및 잉곳들을 제조하는 현재의 방법은 몇 가지 결점이 있다. 알루미늄의 용융점(660 °C)은 리튬(180 °C)보다 훨씬 높기 때문에, 용융 리튬 중에 알루미늄을 용해하려면 높은 온도뿐만 아니라 긴 교 반 및 침강 시간(settling time)이 필요하다. 생산된 잉곳들 사이의 높은 변동성은 합금의 균질성 부족으로 인 한 또 다른 문제이다. 반응 탱크에서, 알루미늄 금속은 리튬보다 밀도가 더 높기 때문에 탱크 바닥으로 침강하 는 경향이 있다. 따라서, 종래의 리튬 알루미늄 합금 기술을 사용하여 생산된 잉곳들은 종종 탱크의 상단 근처 에서 원하는 농도보다 더 낮은 알루미늄 농도를 갖는다. 유사하게, 탱크 바닥 근처에서 종래의 리튬 알루미늄 합금 기술을 사용하여 생산된 잉곳들은 종종 의도한 것보다 더 높은 알루미늄 농도를 갖다. 예를 들어, 원하는 알루미늄 농도가 약 2000 ppm인 잉곳들을 제조하는 데 사용되는 리튬 알루미늄 합금은, 종종 탱크 바닥에서 약 8000 ppm의 알루미늄 농도를 갖는 잉곳들을 생성할 것이다. 반응 탱크들은 또한 바닥에 쌓인 알루미늄 금속을 제거하기 위해 자주 청소되어야 한다.

원하는 사양에 맞지 않는 개별 잉곳들은 용융하여 재가공해야 하므로, 생산 시간과 비용이 증가하게 된다. 합금 의 균질성 부족은 낮은 알루미늄 값을 갖는 리튬 알루미늄 잉곳들을 생산하려고할 때 더 큰 문제가 되는데, 왜냐하면 적은 양의 알루미늄이 잉곳들 사이에서 더 큰 변동성(예를 들어, 알루미늄 농도에 있어서 700% 분산) 및 잉곳들 자체 내에서 더 낮은 균질성을 초래할 수 있기 때문이다. 균질성이 부족한 잉곳들은 물질처럼 보이는 더 높은 알루미늄 농도를 갖는 영역들을 가질 수 있다. 이들 잉곳들은 또한, 내부에 원하는 것보다 더 낮은 알루미늄 농도를 갖는 공극들을 가질 수 있다.

[0008] 따라서, 개별 잉곳들 간에 감소된 변동성을 갖는 리튬 알루미늄 잉곳들을 제조하기 위한 개선된 공정, 및 더욱 특히, 낮은 알루미늄 농도를 갖는 리튬 알루미늄 잉곳들을 제조하는 공정이 필요하다.

발명의 내용

[0009] 이 목적을 위해, 본 발명은 리튬 알루미늄 잉곳들의 제조 방법; 특히 증가된 균질성을 갖는 잉곳들의 제조 방법을 제공한다. 리튬 알루미늄 잉곳의 제조 방법은 약 70 wt% 내지 90 wt%의 리튬 및 10 wt% 내지 30 wt%의 알루미늄을 포함하는 모합금(master alloy)을 제조하는 단계 및 약 230 °C 내지 360 °C의 온도에서 리튬 중에 모합금을 용해시켜, 리튬 알루미늄 잉곳을 형성시키는 단계를 포함한다. 일 구현예에서, 리튬 알루미늄 잉곳은 약 1,500 중량ppm 내지 2,500 중량ppm의 알루미늄을 포함한다. 다른 구현예에서, 리튬 알루미늄 잉곳은 약 0.001 wt% 내지 1.0 wt%의 알루미늄을 포함한다. 이 공정은 리튬 알루미늄 잉곳들 사이의 변동성을 감소시키면서 균질성이 향상된 리튬 금속 합금들을 생산하는데; 예를 들어, 잉곳들의 알루미늄 농도는 약 50% 이내로 변할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 본 발명의 앞에서 언급한 측면들 및 다른 측면들이 본 명세서에서 제공된 설명 및 방법론과 관련하여 이제 더욱 상세하게 설명될 것이다. 이해되어야 하는 바와 같이, 본 발명은 다른 형태들로 구현될 수 있고, 본 명세서에서 설명된 구현예들에 제한되는 것으로 해석되어서는 안된다. 오히려, 이러한 구현예들은, 본 개시가 철저하고 완전하도록 제공되어, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 갖는 자에게 본 발명의 범위가 충분히 전달할 것이다.

[0011] 본 명세서에서 본 발명을 설명할 때 사용되는 용어는, 단지 특정한 구현예들을 설명하기 위한 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 본 발명의 구현예들 및 첨부된 청구범위의 설명에서 사용된 바와 같이, 단수 형태 용어는, 문맥이 명백하게 달리 나타내지 않는 한, 복수 형태도 포함하도록 의도된다. 또한, 본 명세서에 사용된 바와 같이, "및/또는"은 관련되어 나열된 항목들 중 하나 이상의 항목들의 가능한 조합들의 어느 하나 및 모두를 지칭하고 포함한다.

[0012] 화합물의 양, 투여량, 시간, 온도, 등과 같은 측정 가능한 값을 언급할 때 본 명세서에 사용되는 용어 "약"은 명시된 양의 20%, 10%, 5%, 1%, 0.5%, 또는 심지어 0.1%의 증감을 포함하는 것을 의미한다. 달리 정의되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 기술적, 과학적 용어들을 포함한 모든 용어들은, 본 발명이 속하는 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 갖는 자에 의해 통상적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 갖는다.

[0013] 본 명세서에 사용되는 용어 "포함하다(comprise)", "포함하다(comprises)", "포함하는(comprising)", "포함하다(include)", "포함하다(includes)" 및 "포함하는(including)"은 명시된 특징, 정수, 단계, 작업, 요소, 및/또는 구성요소의 존재를 명기하지만, 하나 이상의 다른 특징, 정수, 단계, 작업, 요소, 구성요소, 및/또는 이들의 균의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0014] 본 발명의 조성물들 및 방법들에 적용되는 바와 같이, 본 명세서에 사용되는 용어 "본질적으로 ~로 이루어진다(consists essentially of)"(및 그의 문법적 변형)는, 추가 성분들이 실질적으로(materially) 조성물/방법을 변경하지 않는 한, 추가적인 성분들을 함유할 수 있음을 의미한다. 조성물/방법에 적용되는 용어 "실질적으로 변경한다(materially alter)"는 조성물/방법의 효과에 있어서 적어도 약 20% 이상의 증가 또는 감소를 지칭한다.

[0015] 본 명세서에서 언급된 모든 특허, 특허 출원 및 간행물들은 그 전체가 인용에 의해 통합된다. 용어 상의 상충이 있는 경우에, 본 명세서가 우선한다.

[0016] 본 발명에 따르면, 리튬 알루미늄 잉곳들의 제조 방법이 제공된다. 리튬 알루미늄 잉곳들은 균일한 리튬 알루미늄 합금 조성물로부터 제조되며, 여기서 합금 조성물로부터 형성된 잉곳들은 개별 잉곳들 사이의 변동은 50% 미만이다. 일부 구현예에서, 합금 조성물로부터 형성된 잉곳들은 개별 잉곳들 사이에서 약 20% 이하의 변동을 갖는다. 예를 들어, 균일한 합금 조성물로부터 제조된 각각의 리튬 알루미늄 잉곳은 약 1,500 중량ppm 내지 2,500 중량ppm의 알루미늄을 가질 수 있다. 추가 구현예들에서, 합금 조성물로부터 형성된 잉곳들은 개별 잉곳들 사이에서 약 5% 이하의 변동을 가질 수 있다. 리튬 용융 금속 중에 모합금을 용해시킴으로써 균일한 리튬 알루미늄 합금 조성물이 형성된다.

[0017] 리튬 금속은 산소, 질소, 습도, 수소, 이산화탄소 및 다른 원소들과 쉽게 반응하여, 이들 부반응에 대한 리튬 손실을 유발할 수 있으며, 이는 더 높은 온도에서 용융 공정을 작동하기 때문에, 리튬을, 알루미늄과 같은 더

높은 용융점을 갖는 원소들과 합금하는 동안 더 쉽게 발생한다. 본 명세서에서 설명된 모합금의 사용은, 구성 성분들 중 하나의 용융 온도를 낮추고 용융 챔버에서 노출 시간을 줄임으로써, 리튬 손실을 최소화하여, 에너지 및 생산 시간을 절약한다.

[0018] 또한, 모합금은 밀도의 상당한 차이로 인한 원소들의 분리 위험을 줄인다. 모합금에서의 알루미늄의 균질성은, 알루미늄이 반응 탱크 바닥에 침강하는 것을 방지하여, 탱크 바닥에서 슬러지를 제거하기 위한 탱크 청소의 빈도를 줄인다. 또한, 균질성은 탱크 바닥에서 합금으로부터 형성된 잉곳들이, 바람직하지 않게 더 높은 알루미늄 농도를 갖는 것을 방지하여, 원하는 파라미터들을 벗어나는 알루미늄 농도를 갖는 잉곳들을 재활용할 필요를 제거한다.

[0019] 일부 구현예에서, 모합금은 약 70 wt% 내지 90 wt%의 리튬 및 약 10 wt% 내지 30 wt%의 알루미늄으로 이루어진다. 알루미늄 함량이 30 wt%인 모합금은 약 330 °C의 용융점을 가지며, 이것은 임계 온도인데, 이 온도를 초과하면 상당한 리튬 반응이 일어나기 때문이다. 일 구현예에서, 모합금은 용융된 리튬에 알루미늄을 첨가함으로써 제조되어, 상당한 리튬 반응 없이 균질한 혼합물을 생성한다. 리튬을 용융시키는 공정은 아르곤과 같은 보호성 불활성 가스 하에서 수행될 수 있다. 용융 알루미늄과 리튬은, 용융 리튬에 알루미늄을 점진적으로 첨가함으로써 혼합될 수 있으며, 더 낮은 온도에서 시작한다. 예를 들어, 알루미늄은 용융 리튬에 약 1 g/min 이상의 속도로 첨가될 수 있다. 알루미늄 함량이 증가함에 따라, 온도는 Li-Al 상 다이어그램(phase diagram)에 있어서 그에 따라 증가한다. 온도가 모합금의 액상선 온도(liquidus temperature)보다 약 30 °C 높은 온도에 가까워짐에 따라, 가열 공정을 중단하여 리튬 증발을 방지할 수 있다.

[0020] 다른 구현예에서, 알루미늄과 리튬은 별도로 용융된 다음 조합될 수 있다. 모합금은 또한, 용융 알루미늄 풀(pool)에, 고체 또는 액체 형태의 리튬 금속을 첨가함으로써 만들 수 있다. 알루미늄을 액체 상태로 유지하려면 661 °C 이상의 온도가 필요하다. 따라서, 용융 알루미늄 중의 리튬의 반응 및 증발을 최소화하기 위해, 빠른 리튬 첨가 및 제어된 분위기가 필요하다.

[0021] 모합금은 모합금 중에 존재하는 알루미늄의 백분율에 따라, 약 185 °C 내지 약 330°C 범위의 용융 온도를 가질 수 있다. 일 구현예에서, 모합금의 용융 온도는 약 200°C 내지 약 300°C이다. 예를 들어, 모합금은 약 240°C와 약 260°C 사이의 용융 온도를 가질 수 있다. 순수한 알루미늄의 용융 온도(660 °C)와 비교할 때, 모합금의 더 낮은 용융 온도는, 교반 동안 용융 리튬 전체에 알루미늄의 더 우수한 분산을 허용함으로써 제품 합금 중의 알루미늄 균질성을 향상시키며, 이에 의해 균일하거나 또는 실질적으로 향상된 균질성을 갖는 합금 조성의 리튬 알루미늄 잉곳들의 제조를 가능하게 한다.

[0022] 일단 모합금이 제조되면, 이는 약 230 °C 내지 약 330 °C의 온도에서 리튬에 첨가된다. 리튬과 용융 합금은 혼합되어 균질한 혼합물을 형성할 수 있다. 모합금 및 리튬은 약 30분 내지 약 8시간 동안 가열될 수 있다. Nb, Ta, W, 및 Mo와 같은 특이한 재료들(exotic materials), 및 저탄소 스테인리스강과 같은 더 값싼 재료는, 리튬 알루미늄 합금 공정에서 도가니의 적합한 구성 재료로 사용될 수 있다. 일 구현예에서, 모합금 및 리튬은 이후에, 원하는 입자 크기(grain size)에 따라, 약 1 °C/분 내지 100 °C/분의 속도로 냉각되어, 균일한 합금 조성을 형성한다. 일부 구현예에서, 모합금 및 리튬은 가열 후 약 4 시간 내지 5시간 이내에 침강될 수 있다. 대조적으로, 모합금 없이 용융 리튬 중에 알루미늄을 용해시키려면 최대 약 7 시간 내지 9 시간의 침강 시간이 필요하다. 따라서, 리튬 합금 조성물을 형성하기 위해 모합금을 사용하면, 혼합물이 침강하는 데 필요한 시간이 약 1/3로 감소한다.

[0023] 모합금 및 용융 리튬으로부터 합금 조성물이 형성된 후, 원하는 폼 팩터(form factor)를 갖는 몰드에서 주조될 수 있다. 주조/응고는 수직 또는 수평/연속 주조 시스템에서 구현될 수 있다. 응고 속도는 잉곳들의 크기 및 다른 기계적 특성들에 따라 결정될 수 있다. 균일하거나 실질적으로 균일한 합금 조성물로 형성된 잉곳들은 잉곳들 간에 50% 이하의 변동률(variability rate)을 갖는다.

[0024] 하기 실시예들은 단지 본 발명을 예시하는 것이며 이에 제한되지 않는다.

[0025] <실시예>

[0026] 실시예 1: 80% 리튬/20% 알루미늄 모합금의 제조

[0027] 4 kg의 리튬 금속을 탄탈륨-피복된(tantalum-lined) 도가니에서 녹이고 용융점보다 약간 높은 온도(예를 들어, 200 °C)로 가열한다. 용융 공정은 원치 않는 반응을 방지하기 위해 아르곤과 같은 보호용 불활성 가스 하에서 수행된다. 1 kg의 알루미늄 금속이 용융물에 작은 조각으로 첨가된다. 첨가된 모든 알루미늄 금속이 용융 리튬 중에 용해될 때까지 공정의 온도를 점진적으로 증가시킨다. 합금 단계의 온도는 모합금의 용융 온도보다 약 30

℃ 높은 온도(예를 들어, 275 ℃)에 이르면, 가열 공정을 중지하여 리튬 증발을 방지한다. 그 다음 모합금을 교반하여 더 균질한 합금을 생성한다. 그 다음 모합금은 빠르게 응고되고, 밀봉되어, 추가 사용을 위해 건조한 방에 보관된다. 모합금의 최종 중량은 5 kg이고, 리튬 80%와 알루미늄 20%의 최종 조성을 갖는다.

[0028] 실시예 2: 리튬 알루미늄 합금의 형성

[0029] 실시예 1의 모합금은 밀폐된 교반 용기에서 용융 리튬에 첨가되어, 알루미늄 농도가 1% 미만인 리튬 알루미늄 합금을 형성한다. 용기 온도는 리튬의 용융점보다 약간 높은 온도(예를 들어, 182 ℃ 내지 200 ℃)에서 낮고 일정하게 유지된다.

[0030] 실시예 3: 70% 리튬/30% 알루미늄 모합금의 제조

[0031] 3.5 kg의 리튬 금속을 탄탈륨 도가니에서 용융시키고, 용융점보다 약간 높은 온도(예를 들어, 200 ℃)로 가열한다. 용융 공정은 원치 않는 반응들을 방지하기 위해 보호용 불활성 가스인 아르곤 하에서 수행된다. 1.5 kg의 알루미늄 금속을 용융물에 첨가한다. 첨가된 모든 알루미늄 금속이 용융 리튬 중에 용해될 때까지 공정의 온도를 점진적으로 증가시킨다. 합금 단계의 온도가 모합금의 액상선 온도보다 약 30 ℃ 높은 온도(예를 들어, 360 ℃)에 이르면, 가열 공정을 중지하여 바람직하지 않은 임의의 리튬 반응을 방지한다. 그 다음 마스터 합금을 교반하여 더욱 균질한 합금을 생산한다. 그 다음 모합금은 빠르게 응고되고, 밀봉되어, 추가 사용을 위해 건조한 방에 보관된다. 합금화 및 응고 단계들도 아르곤 하에서 수행된다. 모합금의 최종 중량은 5 kg이고, 리튬 70%와 알루미늄 30%의 최종 조성을 갖는다.

[0032] 모합금을 사용하여 생산된 리튬 알루미늄 잉곳들의 알루미늄 농도

[0033] 표 1 및 표 2는 70% 리튬/30% 알루미늄 모합금을 사용하여 형성된 리튬 알루미늄 합금 조성물로부터 제조된 복수의 리튬 알루미늄 잉곳들 중 알루미늄 함량의 개요를 제공한다. 첫 번째, 열 번째 및 마지막 잉곳들에 대한 알루미늄 농도는 각각의 제조 과정(production run)에 대해 제공된다.

[0034] 표 1: 리튬 알루미늄 잉곳들의 제조 A에 대한 알루미늄 함량

표 1

잉곳	알루미늄 함량(ppm)
첫번째	1977
열번째	2027
마지막	2038

[0036] 표 2: 리튬 알루미늄 잉곳들의 제조 B에 대한 알루미늄 함량

표 2

잉곳	알루미늄 함량(ppm)
첫번째	2008
열번째	2055
마지막	1893

[0038] 리튬 알루미늄 잉곳들은 전통적으로 제조 과정에서 개별 잉곳들 간의 분산(variance)이 700%보다 더 크다. 표 1 및 2에 나타난 바와 같이, 본 명세서에 기술된 모합금을 사용하여 리튬 알루미늄 잉곳들을 제조하면, 제조된 잉곳들 사이의 분산이 상당히 더 낮아진다. 표 1의 잉곳들은 약 2,000 ± 40 ppm의 알루미늄 함량으로 약 2%의 분산을 갖는다. 표 2의 잉곳들은 약 2,000 ± 55 ppm의 알루미늄 함량으로 약 2.7%의 분산을 갖는다.

[0039] 표 3: 리튬 알루미늄 잉곳들의 제조 C에 대한 알루미늄 함량

표 3

잉곳(총 13개 중)	알루미늄 함량(ppm)
11	1967
12	1978
13	1998

[0041] 표 3은 반응 탱크의 바닥 부근에 남아있는 리튬 합금 조성물을 사용하여 제조된 리튬 알루미늄 잉곳들에 대한 알루미늄 농도를 제공한다. 제조 C에서의 리튬 알루미늄 잉곳들은 약 2,000 ppm의 원하는 알루미늄 함량을 가졌다. 표 3에 나타낸 바와 같이, 리튬 알루미늄 잉곳들은 탱크의 바닥 근처에서 합금 조성물을 사용함에도 불구하고 원하는 알루미늄 함량을 유지하였다. 이들 결과는 리튬 알루미늄 합금 조성물의 균질성 및 합금 조성물로부터 생성된 리튬 알루미늄 잉곳들의 낮은 변동성을 실증한다. 따라서, 합금 조성물로부터 생성된 리튬 알루미늄 잉곳들은 제조 전반에 걸쳐 모든 개별 잉곳들 사이에서 균일한 알루미늄 농도를 갖는다.

[0042] 본 접근 방식은 바람직한 구현예들 및 이의 특정 실시예들을 참조하여 본 명세서에서 예시되고 설명되었지만, 다른 구현예들 및 실시예들이 유사한 기능을 수행하거나 및/또는 유사한 결과를 달성할 수 있다는 것은 당해 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 이러한 모든 등가의 구현예들 및 실시예들은 본 접근 방식의 사상 및 범위 내에 있다.