



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년01월28일

(11) 등록번호 10-2357447

(24) 등록일자 2022년01월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C23C 14/24 (2006.01) C23C 14/14 (2006.01)

C23C 14/56 (2006.01) H02K 44/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C23C 14/246 (2013.01)

C23C 14/14 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-7033590

(22) 출원일자(국제) 2017년05월01일

심사청구일자 2020년04월27일

(85) 번역문제출일자 2018년11월20일

(65) 공개번호 10-2019-0003587

(43) 공개일자 2019년01월09일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2017/060316

(87) 국제공개번호 WO 2017/191082

국제공개일자 2017년11월09일

(30) 우선권주장

16168167.1 2016년05월03일

유럽특허청(EPO)(EP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070011542 A*

KR1020140145168 A*

US05536324 A*

US20100124022 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

타타 스틸 네덜란드 테크놀로지 베.뷔.

네덜란드 이즈무이텐(1970 씨에이) 피. 오. 박스 10000

(72) 발명자

조에스트버젠 에드조

네덜란드 1970 씨에이 이즈무이텐 3지.37 피오 박스 10000, 타타 스틸 네덜란드 테크놀로지 베뷔 - 그룹 인텔렉추얼 프로퍼티 서비시즈

코망되르 콜린

네덜란드 1970 씨에이 이즈무이텐 3지.37 피오 박스 10000, 타타 스틸 네덜란드 테크놀로지 베뷔 - 그룹 인텔렉추얼 프로퍼티 서비시즈

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인명신

전체 청구항 수 : 총 17 항

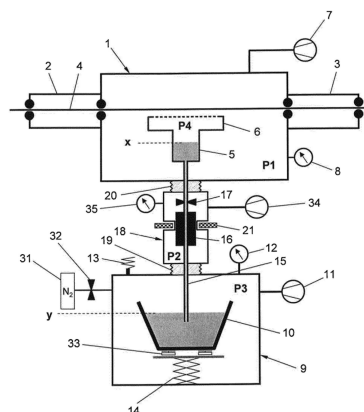
심사관 : 최중운

(54) 발명의 명칭 증발 장치에 액체 금속을 공급하기 위한 장치

(57) 요약

본 발명은 진공 챔버 내 증발 장치에 액체 금속을 공급하기 위한 장치에 관한 것으로, 상기 장치는 액체 금속을 담기에 적합한 컨테이너, 폐쇄된 컨테이너로부터 상기 증발 장치까지 이어지는 공급 튜브(15), 그리고 상기 공급 튜브 내에 구비되는 전자기 펌프(16)를 포함하며, 상기 전자기 펌프는 진공 인클로저(18) 내에 위치한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C23C 14/56 (2013.01)

H02K 44/04 (2013.01)

(72) 발명자

스니즈더스 폴란드 얀

네덜란드 1970 씨에이 이즈무이텐 3지.37 피오 박스 10000, 타타 스틸 네덜란드 테크날리지 베워 - 그룹 인텔렉추얼 프로퍼티 서비스즈

매커 에두아르드 폴 매튜스

네덜란드 1970 씨에이 이즈무이텐 3지.37 피오 박스 10000, 타타 스틸 네덜란드 테크날리지 베워 - 그룹 인텔렉추얼 프로퍼티 서비스즈

헤이즐렛 피터 윌리엄

미국 05404 버몬트주 위누스키 라파운틴 스트리트 268

해밀톤 더글라스 알렉산

미국 05482 버몬트주 쉘번 오브라이언 드라이브 273

위디스 스티븐 제임스

미국 05446 버몬트주 콜체스터 노스랜드 코트 35

카이지 티모시 딘

미국 05446 버몬트주 콜체스터 아버 레인 259

명세서

청구범위

청구항 1

진공 챔버 내 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치로서,

상기 장치가 액체 금속을 담기에 적합한 폐쇄 컨테이너와, 상기 폐쇄 컨테이너로부터 상기 증발 장치까지 이어지는 공급 튜브와, 상기 공급 튜브 내에 구비되는 전자기 펌프와, 상기 전자기 펌프를 둘러싸는 진공 인클로저를 더 포함하며, 상기 진공 인클로저는 상기 진공 챔버와 상기 컨테이너 사이에 있는, 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 진공 인클로저가 상기 공급 튜브의 일부 또는 전체를 둘러싸는, 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 진공 인클로저가 상기 진공 챔버 또는 상기 컨테이너 또는 상기 진공 챔버 및 상기 컨테이너에 연결되는, 장치.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 진공 인클로저가 유연한 연결 부재를 통해 상기 진공 챔버 또는 액체 금속을 담기에 적합한 상기 컨테이너 또는 상기 진공 챔버 및 상기 컨테이너에 연결되는, 장치.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전자기 펌프가 부분적으로 또는 전체적으로 전도성 재료로 만들어진, 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 전자기 펌프가 부분적으로 또는 전체적으로 흑연으로 만들어진, 장치.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 전자기 펌프의 전극들이 상기 펌프에 불도록 구비되는, 장치.

청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

액체 금속을 담기에 적합한 상기 컨테이너 내 상기 액체 금속에 대한 힘을 제어하기 위해 제어 수단들이 구비되는, 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

액체 금속을 담기에 적합한 상기 컨테이너가 폐쇄 컨테이너이며, 상기 제어 수단들이 상기 폐쇄 컨테이너 내 가

스 압력을 제어하는, 장치.

청구항 10

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전자기 펌프에 대한 자기장을 제어하기 위해 제어 수단들이 구비되는, 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제어 수단들이 상기 전자기 펌프에 대한 자극들의 거리를 제어하거나, 상기 자기장이 직류 또는 교류 전자석을 통해 제공되는 경우에는, 상기 전자석의 코일을 통과하는 전류를 제어하거나, 둘 모두를 제어하는, 장치.

청구항 12

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

자석이 상기 진공 인클로저 밖에 구비되는, 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 전자기 펌프에 대해 자기장을 적용시키기 위한 상기 자석이 영구 자석을 포함하는, 장치.

청구항 14

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전자기 펌프 및 상기 증발 장치 사이의 상기 공급 튜브 내에 밸브가 구비되는, 장치.

청구항 15

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

복귀 튜브 및 상기 복귀 튜브 내에 전자기 펌프가 구비되며, 상기 복귀 튜브가 상기 증발 장치로부터 상기 컨테이너까지 이어지는, 장치.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 공급 튜브 내 상기 전자기 펌프 및 상기 복귀 튜브 내 상기 전자기 펌프가 서로 인접하게 배치되며, 양 전자기 펌프에 대한 자기장이 동일한 자석에 의해 공급되는, 장치.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 공급 튜브 내 상기 전자기 펌프 및 상기 복귀 튜브 내 상기 전자기 펌프가 서로 인접하게 배치되며, 양 전자기 펌프에 대한 전류가 동일한 전원 장치에 의해 공급되는, 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 진공 챔버(chamber) 내 증발 장치에 액체 금속을 공급하기 위한 장치에 관한 것이다. 이러한 장치는 예를 들어 물리 증착(physical vapour deposition: PVD)을 이용해 기체에 금속 코팅을 피착하는 데 사용된다.

배경 기술

[0002] 산업적 규모에서 연속 또는 반연속 PVD 코팅 공정들은 시간이 흐름에 따라 많은 양의 코팅 재료를 처리할 수 있

는 진공 코팅 설비를 필요로 한다. 더욱이, 열 증발이 사용되는 경우, 증발 장치 내 액체의 온도는 증발될 재료의 용융점보다 훨씬 높아야 한다. 이런 이유로, 작은 증발 장치를 구비하고 요구에 부응하는 상기 증발 장치로 재료를 공급하는 것이 바람직하고 비용 효율적이다. 고체 재료 또는 액체 재료 중 어떤 것도 공급될 수 있다. 그러나 최선은, 증발기 내 산화물 함량이 최소화되고 용융 잠열 및 재료의 특정 열이 증발 장치로 공급될 필요가 없다는 장점을 가지고 있기 때문에, 대형 액체 저장소로부터 액체 금속을 공급하는 것이다.

[0003] US2664852에 게시된 PVD 코팅 장치는 진공 챔버 내에 액체 금속용 저장소를 갖는다. 이 설비에서는 최대 가동 기간이 매우 제한된다. 보다 최근의 PVD 코팅 장치들에서는, 액체 금속 저장소가 진공 챔버 밖에 위치한다. 예를 들어 W02012081738을 참고하라. 그러나, 증발 장치와 액체 금속 저장소의 진공 간의 압력차 때문에 저장소 내 액체 금속에 힘이 가해지는데, 이는 제어되어야 한다. 저장소 내 액체 수위가 떨어지거나, 증발 장치의 진공 압력이 변하거나, 증발 장치 내 수위가 변하면 이 힘을 변할 것이며, 지속적인 증발을 보장하기 위해 증발 장치로 지속적인 공급을 유지하도록 제어될 필요가 있다.

[0004] 액체 금속 컨테이너로부터 증발 장치로의 액체 금속 공급은 다른 방법으로 제어될 수 있다. US3059612에는 증발 장치 내 액체 금속 수면과 액체 금속 컨테이너 내 수위 사이의 높이 차를 일정하게 유지하기 위해 액체 금속을 포함하는 컨테이너를 들어올리는 것이 게시된다. 그러나, 대기압의 변화가 이미 증발 장치 내에 상이한 수위를 야기하며, 결과적으로 증발에서의 변화를 야기한다.

[0005] US3581766에는 주 액체 금속 컨테이너와 증발 장치 사이에 추가 저장소가 제공된다. 이 중간 저장소에서는, 넘침 배수관(overflow drain)을 이용해 수위가 일정하게 유지되는데, 이 넘침 배수관을 통해 액체가 중간 저장소에서 흘러나와 주 액체 금속 컨테이너로 되돌아간다. 그러나, 변화하는 대기압 문제는 여전히 존재하며, 진공을 중단시키지 않고 시스템을 어떻게 개시 또는 중단할 것인가 하는 문제는 어려운 것이 드러날 것이다. 이런 이유로, 우선 액체 금속 컨테이너와 증발 장치 사이에 밸브가 필요하다. 예를 들어 W02012081738을 참고하라. 흐름을 제어하기 위해 이러한 밸브의 사용이 시도되었지만, 이는 비실용적이며, 실험의 끝에 진공을 중단시키지 않고 증발 장치를 비우는 것은 불가능하다. 흐름을 제어하기 위해 밸브와 펌프 모두 사용되는 더 나은 해결책이 W02013143692에 게시된다.

[0006] 그러나, 상기 공개들에서 다루지지 않은 다른 문제들이 여전히 존재한다. 저장소가 진공 챔버 밖에 위치하는 것과 관련된 문제들 중 하나는 공급 튜브가 진공 챔버의 벽을 통과해야 한다는 사실과 관련된다. 공급 튜브용 피드 스루(feed through)는 설비 전체를 가열하는 동안 발생하는 팽창 차를 수용할 수 있어야 하지만, 챔버 내 진공 상태는 영향받지 않아야 한다. 이는 벨로우즈 유형(bellows type)의 연결로 가능하다. 예를 들어 GB1220020을 참고하라. 하지만, 이 설비가 용융된 재료의 동결을 초래하여 폐색을 초래할 수 있는 냉점을 발생시키지 않는 것도 마찬가지로 중요하다.

[0007] 다른 요건은 모든 배관과 전자기 펌프가 필요한 온도까지 가열되어야 하고 작동 동안 그 온도에서 유지되어야 한다는 것이다. 특히, 전자기 펌프의 가열은 특별한 주의를 필요로 하는데, 이는 전자기 펌프 구조 때문에 펌프 내에 냉점들이 쉽게 발생할 수 있기 때문이다.

[0008] 저장소가 밖에 위치하는 것과 관련된 다른 문제는 액체 컨테이너에서 나온 산화물로 인한 공급 시스템의 오염 가능성이다. 이는 증발기 또는 배관 안으로 전해져 증발 또는 폐색 문제를 발생시킬 수 있다. 특허 제 JPS5938379 호에는 산화물들을 제거하기 위해 환원성 가스를 사용하는 개시 절차가 기술되어 있다. 그러나, 이는 모든 종류의 액체에 효과가 있지는 않을 것이며 이 공정 동안 진공이 변화된다.

[0009] 또 다른 요건은 모든 배관이 필요한 온도까지 가열되어야 하고, 더욱이 특허 제 US3408224 호에서 서술된 바와 같이, 증발 공정을 방해할 수 있는 가스 제거가 증발기에서 발생하지 않도록 보장하기 위해 피착 전에 액체 재료의 가스를 제거할 필요가 있을 것이다.

[0010] 마지막으로 W02015067662에 게시된 방법은 진공을 중단시키지 않고 증발기를 비우는 것을 가능하게 하지만, 추가 조치 없이 시스템 내 모든 배관을 비우는 것은 불가능하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 목적은 전자기 펌프를 충분히 가열하면서 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 제공하는 것이다.

- [0012] 본 발명의 다른 목적은 시스템의 튜브들을 충분히 가열하면서 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 제공하는 것이다.
- [0013] 본 발명의 또 다른 목적은 전자기 펌프와 시스템 튜브들의 열 손실이 더욱 제한되는, 증발 장치에 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 제공하는 것이다.
- [0014] 본 발명의 또 다른 목적은 공급 튜브의 피드 스루로 인한 진공 챔버 내 압력 손실이 가능한 한 많이 방지되는, 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 제공하는 것이다.
- [0015] 본 발명의 또 다른 목적은 공급 튜브의 피드 스루로 인한 액체 금속 컨테이너 내 압력 손실이 가능한 한 많이 방지되는, 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 제공하는 것이다.
- [0016] 본 발명의 또 다른 목적은 진공 챔버 내 진공을 상실하지 않고 공급 튜브와 전자기 펌프 비우기를 가능하게 하는, 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 본 발명의 제 1 양상에 따르면, 본 발명의 하나 이상의 목적이 진공 챔버 내의 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 공급함으로써 구현되며, 상기 장치는 액체 금속을 담기에 적합한 폐쇄 컨테이너, 상기 폐쇄 컨테이너로부터 상기 증발 장치로 이어지는 공급 튜브, 그리고 상기 공급 튜브에 구비되는 전자기 펌프와 상기 전자기 펌프를 둘러싸는 진공 인클로저를 더 포함하며, 상기 진공 인클로저는 상기 진공 챔버와 상기 컨테이너 사이에 있을 수 있다.
- [0018] 열 대류의 결과로 인한 열 손실이 크게 감소되기 때문에, 이러한 진공 인클로저로 전자기 펌프의 열 손실이 감소된다.
- [0019] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 상기 진공 인클로저는 상기 공급 튜브의 적어도 일부를 둘러싼다. 상기 공급 튜브의 적어도 일부는, 공급 튜브가 액체 금속을 담기에 적합한 폐쇄 컨테이너 및 진공 챔버의 밖에 있는 한, 일부 또는 전체 공급 튜브와 관련된다.
- [0020] 바람직하게, 상기 진공 인클로저는 상기 진공 챔버 및/또는 상기 폐쇄 컨테이너에 연결된다. 이러한 설비로, 폐쇄 컨테이너 및 진공 챔버 밖 공급 튜브의 전체 부분이 진공 인클로저 내에 있게 된다.
- [0021] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 상기 진공 인클로저는 유연한 연결 부재를 통해 상기 진공 챔버 및/또는 상기 컨테이너에 연결된다. 이 특징으로 폐쇄 컨테이너, 진공 인클로저 및 진공 챔버 각각 또는 전부의 팽창이 수용될 것이다.
- [0022] 상기 진공 인클로저 내 전자기 펌프 및 공급 튜브로, 상기 폐쇄 컨테이너 및 진공 챔버 사이에서의 대류로 인한 열 손실이 제한되며, 이것이 가장 중요하다. 이런 식으로, 전자기 펌프 및 공급 튜브 내 냉점들이 방지되며, 따라서 액체 금속 흐름의 제한 및 막힘이 방지된다.
- [0023] 상기 진공 인클로저의 압력은 1mbar 내지 대략 1000mbar인 대기압의 범위에서 유지된다. 장치의 작동 주기 또는 가동 시간의 시작과 끝에 있어서, 즉, 공급 튜브와 전자기 펌프 각각을 채우고 비우는 데 있어서, 진공 인클로저 내 압력은 대략 대기압이다. 작동 동안, 진공 인클로저의 압력은 바람직하게 1 - 200mbar 범위에서 유지된다. 진공 인클로저의 압력을 낮은 진공 범위로 유지시킴으로써, 진공 챔버로의 가스 누출이 진공 인클로저가 없는 경우보다 훨씬 적어진다. 진공 챔버에서의 이러한 압력 손실은 공급 튜브의 피드 스루에서 진공 챔버로 발생하며 전체 설비의 상이한 부품들의 팽창 차에 의해 영향을 받는다.
- [0024] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 상기 전자기 펌프는 부분적으로 또는 전체적으로 전도성 재료로 만들어진다. 이 특징으로, 전자기 펌프에 저항 가열을 적용할 수 있다. 전도성 재료는 또한 액체 금속을 펌핑하기 위해 사용되기도 적합해야 한다. 이는 만일 전자기 펌프가 하나 이상의 재료로 만들어진다면 달라질 것이다. 하지만, 이것은 매우 실용적이지는 않으며 이점보다는 문제들을 더 야기할 것이다.
- [0025] 적절한 실시에는 전자기 펌프가 부분적으로 또는 전체적으로 흑연으로 만들어지는 것이다. 흑연은 전도성 재료이며 고온 및 Zn 및 Mg과 같은 액체 금속들의 화학 침식을 견딜 수 있다.
- [0026] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 전자기 펌프의 전극들은 상기 펌프에 붙여 제공된다. 펌프 몸체 밖에 붙여서 또는 펌프 몸체 내 리세스(recess) 안에 구비되는 전극들로, 상기 전자기 펌프 제어를 위해 필요한 전류가 상기 전자기 펌프의 몸체를 통해 부품으로 전도되고 상기 전자기 펌프로 제어되는 액체 금속을 통해 부

품으로 전도된다.

- [0027] 상기 전자기 펌프는 액체 금속에 가해지는 로렌츠 힘(Lorentz force)에 의해 액체 금속의 흐름을 제어하는데, 이 힘은 적용되는 자기장 및 액체 금속을 통과하는 전류에 좌우된다. 상기 전자기 펌프의 가열을 위해서는, 액체 금속 흐름의 제어와는 별도로 전류를 제어할 수 있어야 할 것이다. 이것은 적용되는 자기장을 제어하거나 컨테이너 내 액체 금속에 가해지는 힘을 제어함으로써 또는 이 모두를 제어함으로써 수행될 수 있을 것이다. 자기장의 제어는 전자기 펌프 몸체까지 자극들의 거리를 제어하거나 직류 또는 교류 전자석의 경우에는 전자석의 코일을 통과하는 전류를 제어함으로써 수행된다.
- [0028] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 액체 금속을 담기에 적합한 컨테이너 내 액체 금속에 대한 힘을 제어하기 위해 제어 수단이 구비된다. 추가적 양상에 따르면, 액체 금속을 담기에 적합한 상기 컨테이너는 폐쇄 컨테이너이며, 제어 수단이 상기 폐쇄 컨테이너 내 가스의 압력을 제어한다. "폐쇄 컨테이너"라는 용어는 컨테이너 내 가스의 압력 및/또는 구성이 제어되거나 제어될 수 있는 컨테이너를 의미한다.
- [0029] 상기 폐쇄 컨테이너 내 액체 금속에 대한 압력을 변화시킴으로써, 증발 장치까지의 액체 금속의 유속이 변화된다. 상기 전자기 펌프를 통과하는 전류를 변화시킴으로써, 액체 금속에 가해지는 힘이 변화되며 이와 함께 유속이 변화된다. 만일 전자기 펌프의 온도가 조절되면, 전자기 펌프를 통과하는 전류가 조절되어야 하며, 유속을 조절하기 위해 동시에 폐쇄 컨테이너 내 액체 금속에 대한 압력도 조절되어야 할 것이다.
- [0030] 특정 일 실시예에 따르면, 폐쇄 컨테이너 내 액체 금속에 대한 압력은 전자기 펌프에 의해 액체 금속에 가해지는 힘이 증발 장치로 향하는 액체 금속의 흐름 방향에 반대되는 힘이 되도록 제어된다. 이 경우, 전자기 펌프에 의한 유속 제어는 증발 장치로 향하는 흐름 방향에 반대되는 힘에 의해 결정된다. 이 구성의 이점은 유속이 감소되면 온도가 자동적으로 상승한다는 것이다. 보다 높은 유속에서는, 냉점들이 결빙 또는 차단할 포함하는 문제들을 발생시키는 변화가 적다.
- [0031] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 전자기 펌프에 대한 자기장을 제어하도록 제어 수단이 구비된다. 상기 자기장을 변화시킴으로써, 액체 금속에 대해 전자기 펌프에 의해 가해지는 힘이 변화된다.
- [0032] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 제어 수단은 전자기 펌프에 대한 자극들의 거리를 제어하며 그리고/또는 자기장이 직류 또는 교류 전자석을 통해 제공되는 곳에서는 전자석의 코일을 통과하는 전류를 제어한다.
- [0033] 추가적으로, 전자기 펌프에 대해 자기장을 적용하기 위한 자석이 진공 인클로저 밖에 구비된다. 이것의 이점은 진공 인클로저의 크기가 더 작아질 수 있고, 전자석의 경우 피드 스루가 필요하지 않으며, 자석이 높은 온도를 갖는 공간 밖에 남게 되며, 이는 특히 영구 자석들을 사용할 때 적절하다. 게다가, 전자기 펌프까지 자극들의 거리를 제어함으로써 자기장이 제어되어야 할 때, 진공 인클로저 밖에 자석을 구비함으로써 그 구조가 덜 복잡하다.
- [0034] 전자기 펌프에 대해 자기장을 적용시킬 자석이 영구 자석을 포함하도록 함으로써 구조가 더 용이해질 것이다.
- [0035] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 상기 전자기 펌프 및 증발 장치 사이 공급 튜브 내에 밸브가 구비된다. 상기 밸브로, 상기 공급 튜브는, 공급 튜브가 비워진 후 폐쇄될 수 있으며, 이것으로 상기 진공 챔버가 상기 폐쇄 컨테이너 내 낮은 진공 또는 대기압과 접촉될 수 있는 것을 방지한다.
- [0036] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 복귀 튜브 및 상기 복귀 튜브 내 전자기 펌프가 구비되며, 상기 복귀 튜브는 상기 증발 장치로부터 액체 금속을 담기에 적합한 상기 컨테이너까지 이어진다. 공급 튜브 및 복귀 튜브로, 증발 장치 내 액체 금속의 구성이 제어될 수 있다. 구성의 제어는 구성이 가능한 한 일정하며 구성 요소들의 상이한 증발 속도 때문에 변화되지 않는 것을 의미한다.
- [0037] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 상기 공급 튜브 내 전자기 펌프와 상기 복귀 튜브 내 전자기 펌프가 서로 인접하게 배치되며, 양 전자기 펌프들에 대해 동일한 자석에 의해 자기장이 공급된다. 대안적인 일 실시예에 따르면, 상기 공급 튜브 내 전자기 펌프와 상기 복귀 튜브 내 전자기 펌프가 서로 인접하게 배치되며, 양 전자기 펌프들에 대해 동일 전원 장치에 의해 전류가 공급된다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 본 발명은 다음 도면에 나타난 예를 통해 더 설명될 것이다:
도 1은 액체 금속용 컨테이너, 진공 인클로저 내 전자기 펌프, 및 진공 챔버를 포함하는 장치의 개략도를 나타

내고,

도 2의 (a) 내지 (c)는 각각 공급 튜브용 전자기 펌프와 공급 튜브 및 복귀 튜브용 전자기 펌프의 개략도를 나타내고,

도 3의 (a) 및 (b)는 전자기 펌프까지의 자극들의 거리를 제어하기 위한 두 개의 구성을 개략적으로 나타내고,

도 4는 가열 수단을 포함하는 공급 튜브의 세부 사항을 개략적으로 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

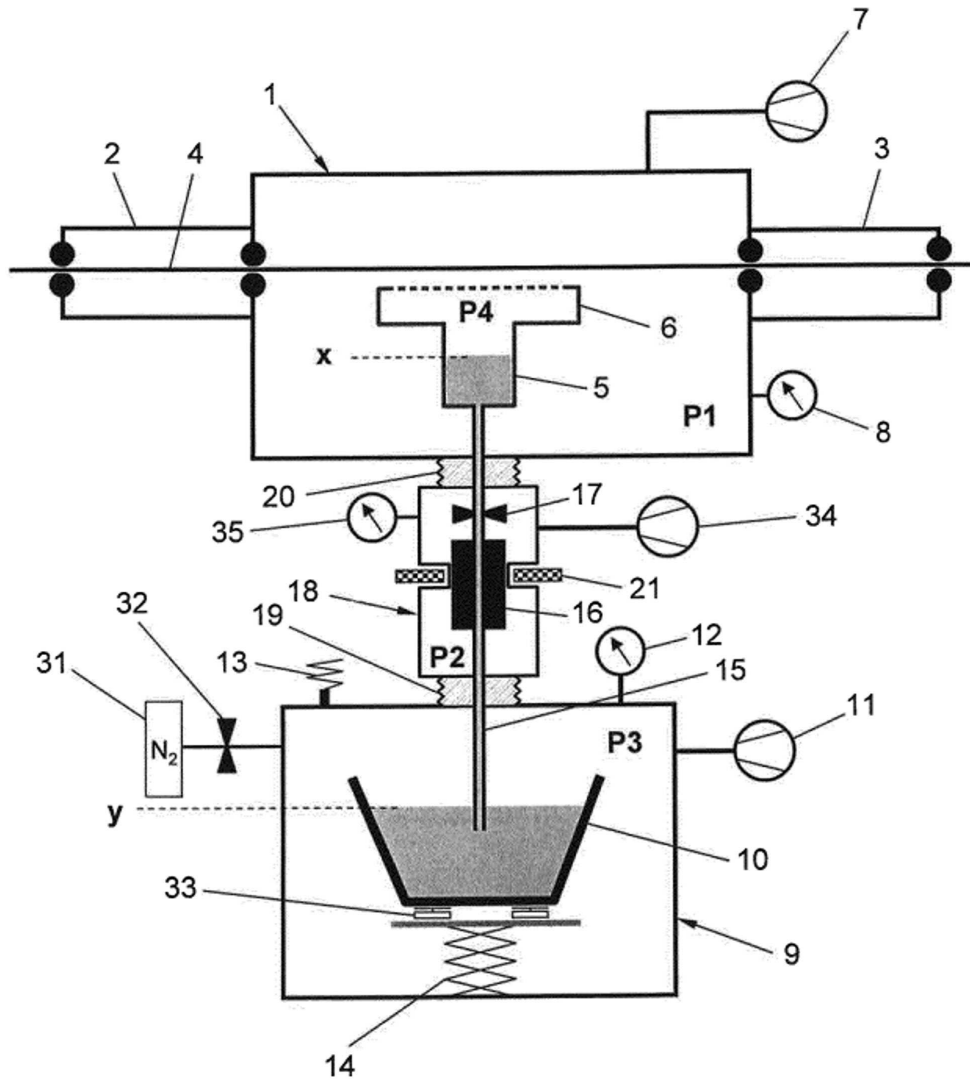
- [0039] 도 1은 그 안으로 스트립(strip)(4)이 안내되는 진공 로크(vacuum lock)(2 및 3)를 양 측에 구비하는 진공 챔버(1)를 포함하는 장치의 개략도를 보여준다. 증발 장치(5)가 상기 진공 챔버(1) 안에 배치되며 증기 분배기(6)에 연결된다. 유도 코일과 같은, 상기 증발 장치에 충분한 에너지를 공급하기 위한 수단들 또한 상기 진공 챔버 내에 위치한다. 명확하게 하기 위해, 이 수단들은 도면에 도시되지 않았다. 상기 진공 챔버는 진공 펌프(7)와 압력계(8)를 더 구비한다.
- [0040] 도 1 아래 쪽에서는, 폐쇄 컨테이너(9)가 그 내부에 액체 금속을 수용하기 위한 용기(10)를 구비한다. 상기 폐쇄 컨테이너(9)는 펌프(11), 압력계(12) 및 과압 계전기(13)를 더 구비한다. 상기 용기는 금속을 가열하고 녹이며 그리고/또는 액체 금속을 특정 온도로 유지하기 위한 가열 수단(미도시)을 구비한다. 밸브(32)를 포함하는 가스 공급기(31)가 상기 폐쇄 컨테이너(9)에 연결되어 처음에 컨테이너(9) 안에 존재하는 공기를 예를 들어 N₂와 같은 비산화 가스로 대체한다. 기중 수단(lifting means)(14)이 제공되어 공급 튜브(15)의 끝을 액체 금속 안으로 담그거나 액체 금속 밖으로 들어올릴 수 있도록 용기(10)를 들어올리거나 낮춘다. 상기 기중 수단(14)은, 올리거나 낮춤으로써 상기 용기(10) 내 액체 수위 및 상기 증발 장치(5) 내 액체 수위 간의 차이가 변화하기 때문에, 상기 증발 장치(5)로 흐르는 액체 금속의 유속 제어에도 사용될 수 있다.
- [0041] 상기 용기(10)는 용기(10)의 내용물의 무게를 지속적으로 측량하여 액체 금속의 유속 및 증발 속도에 대한 추가 정보를 제공할 수 있게 하는 침량 장치(33) 위에 위치한다.
- [0042] 상기 펌프(11)는 상기 폐쇄 컨테이너 내 압력을 낮추기 위해 사용된다. 상기 용기 내 액체 금속의 산화를 방지하기 위해, 상기 폐쇄 컨테이너 내 공기는 제거될 수 있으며 완전히 또는 부분적으로 불활성 기체로 대체될 수 있다. 이 작업으로, 공기는 우선 부분적으로 제거되며, 이로써 불활성 기체로 대체되기 전에 압력을 낮추며, 이후 상기 폐쇄 컨테이너 내 압력이 조절되고 제어되어 상기 증발 장치로 흐르는 액체 금속의 유속을 제어한다.
- [0043] 상기 공급 튜브(15)는 상기 폐쇄 컨테이너(9) 내 용기(10)로부터 상기 증발 장치(5)까지 상부 방향으로 이어지며, 상기 공급 튜브 내에 전자기 펌프(16) 및 밸브(17)가 구비된다. 상기 전자기 펌프(16) 및 밸브(17)는 진공 인클로저(18) 내에 위치한다. 상기 진공 인클로저(18)는 작동 동안 낮은 진공으로 유지되며, 이는 상기 전자기 펌프(16) 뿐만 아니라 상기 공급 튜브(15)로부터 대류에 의한 열손실을 상당히 방지한다. 이를 위해서, 상기 진공 인클로저(18)는 진공 펌프(34) 및 압력계(35) 또는 이들의 결합을 구비한다.
- [0044] 상기 진공 인클로저(18)는 벨로우즈(19 및 20)를 통해 상기 폐쇄 컨테이너(9) 및 상기 진공 챔버(1)에 연결된다. 상기 벨로우즈(19 및 20)를 통한 연결은 상기 폐쇄 컨테이너(9) 및 상기 진공 챔버(1)의 외부에 대한 것이며 컨테이너(9) 및 진공 챔버(1)의 내부 공간은 연결하지 않는다. 그러나, 상기 진공 인클로저(18) 내 낮은 진공 때문에 상기 공급 튜브(15)의 피드 스루에서 상기 진공 챔버(1)로의 불가피한 진공 누출은 훨씬 적다.
- [0045] 상기 전자기 펌프(16)는 자기장을 생성하기 위한 영구 자석(21) 및 상기 전자기 펌프 내 액체 금속으로 전류를 통과시키기 위한 전원 장치를 구비한다. 자기장 및 전류로부터 발생하는 로렌츠 힘이 액체 금속에 가해져서 액체 금속의 유속을 제어하는 데 사용된다. 로렌츠 힘은 액체 금속이 상기 전자기 펌프의 전극들(22)과 접촉하고 있고 영구 자석(21)의 자기장 내에 있는 동안만 작용한다. 결과적으로, 상기 액체 금속이 아래쪽을 향하도록 강제될 때, 상기 액체 금속 수위는 대략 상기 전극들의 높이에서의 수위보다 더 낮을 수 없다.
- [0046] 상기 자석(21)이 과열되지 않는 것이 중요한데, 이는 자기장 힘의 감소를 초래하기 때문이다. 이런 이유로, 상기 자석(21)은, 적어도 상기 자석 및 자석의 자기장 위치가 비-강자성 재료로 만들어진, 상기 진공 인클로저(18) 밖에 위치한다.
- [0047] 상기 액체 금속에 대한 상향 힘은 압력차 및 세로단 높이에 의해 주어진다:
- [0048]
$$P_3 - P_1 - (X - Y) * \text{액체 밀도, 여기서}$$

- [0049] P3 = 상기 폐쇄 컨테이너 내 압력
- [0050] P1 = 상기 진공 챔버 내 압력
- [0051] X = 상기 증발 장치 또는 공급 튜브 내 어딘가에 있을 수 있는, 액체 금속의 최고 높이 수위, 그리고
- [0052] Y = 상기 폐쇄 컨테이너의 용기 내 액체 금속의 높이 수위.
- [0053] 일단 상기 증발 장치 내에서 액체 금속의 증발이 시작되면 액체 금속에 대한 구동력은:
- [0054] $P3 - P4 - (X - Y) * \text{액체 밀도}$ 이며, 여기서
- [0055] P4는 상기 진공 챔버 내 압력보다 높은 상기 증기 분배기(6) 내 압력이다.
- [0056] 상기 전자기 펌프가 액체 금속의 상향 흐름에 대해 힘을 가하면, 그 힘은 다음과 같다:
- [0057] $P3 - P1 - (X - Y) * \text{액체 밀도} - B * I * C$, 여기서:
- [0058] B는 자기장이며, I는 액체 금속을 통과하는 전류이며, C는 상수이다. 일단 증발이 시작되면 식은 다음으로 바뀐다:
- [0059] $P3 - P4 - (X - Y) * \text{액체 밀도} - B * I * C$
- [0060] 만일 상기 전자기 펌프의 가열이 증가되어야 한다면, P3이 증가되며, 이는 상향 흐름을 일정하게 유지하기 위해 상향 흐름에 대해 더 큰 로렌츠 힘을 필요로 할 것이다. 더 큰 로렌츠 힘은 상기 전자기 펌프 및 액체 금속을 통과하는 전류를 증가시키도록 구현되며, 이는 추가 저항 가열을 제공한다.
- [0061] 도 2(a)는 상반된 측면에서 상기 전자기 펌프(16)의 몸체에 붙어 있는 전극들(22)을 포함하는 공급 튜브(15)를 위한 전자기 펌프(16)의 개략도를 보여준다. 상기 전극들(22)은 전원 장치(23)에 연결되는데, 이 경우 가변 직류 전원 장치이다.
- [0062] 이 구성에서는 요크(yoke)(미도시)를 통해 연결되는 두 개의 영구 자석들인, 자석(21)의 극들은 상기 전극들(22)에 수직이다. 영구 자석들 대신에, 예를 들어 직류 코일을 포함하는 전자석과 같은 전자석을 사용하는 것도 또한 가능하다. 코일을 통과하는 전류를 변화시킴으로써, 자기장이 변화될 수 있다.
- [0063] 가변 직류 전원 장치 및 직류 코일 대신에, 가변 교류 전원 장치 및 전자석용으로 교류 코일 또한 사용 가능하다.
- [0064] 도 2(b)는 공급 튜브(15) 및 복귀 튜브(24) 각각을 위한 전자기 펌프(18 및 25)를 구비하는 서로 나란히 위치하는 공급 튜브(15) 및 복귀 튜브(24)를 포함하는 구성을 보여준다. 상기 공급 튜브(15) 및 복귀 튜브(24) 모두를 위한 자기장이 동일한 영구 자석(21)으로 제공된다. 분리된 가변 직류 전원(23 및 26)이 상기 공급 튜브(15)와 복귀 튜브(24) 각각을 위해 제공되며, 로렌츠 힘이 반대 방향이어야 하기 때문에, 상기 전원은 전극에 역으로 연결된다. 상기 공급 튜브(15) 및 복귀 튜브(24)는 서로 열 접촉되어 있지만 전기적으로 서로 절연되어 있다. 상기 복귀 튜브 내 유속은 증발 속도에 의해 상기 공급 튜브 내 유속과는 다를 것이며, 그 이유로 상기 복귀 튜브(24)를 통과하는 전류가 상기 공급 튜브(15)를 통과하는 전류보다 클 것이다.
- [0065] 도 2(c)는 상기 공급 튜브(15) 및 공급 튜브(24)의 전극들(22)이 직렬로 연결되어 하나의 전원(23)만을 필요로 하며, 동일한 전류가 두 개의 공급 튜브를 통과하는 구성을 보여준다. 각 튜브 내 유속을 제어하기 위해, 각 튜브(15 및 24) 내 자석(21 및 36)의 자기장이 각기 따로 제어된다.
- [0066] 도 3의 (a) 및 (b)는 자속을 짧게 줄이거나 상기 전자기 펌프까지 자극들의 거리를 변경함으로써 영구 자석들의 자기장의 힘을 제어하기 위한 두 개의 구성을 개략적으로 보여준다. 도 3(a)에 따른 구성에서, 자석(21)의 극들 사이 자속은 제 2 레그(leg)(38)를 통해 자속을 줄임으로써 변경될 수 있다. 자속은 이 제 2 레그의 극들 사이 거리를 변경함으로써 변경 가능하다. 이를 위하여, 요크의 레그(38)가 이러한 선형 이동을 허용하도록 설계된다.
- [0067] 도 3(b)에 따른 구성에서는, 자력이 자석(21)의 극들 사이 거리를 변화시킴으로써 변화된다. 이는 회전 또는 선형 이동에 의해 변화될 수 있다. 회전 이동이 도 3(b)에 묘사되었다. 여기서 요크(37)는 제어된 회전 및 이로 인한 자석(21) 극들 사이 거리의 제어된 변경을 위해 피벗 점(pivoting point)(39) 및 스핀들 장치(spindle device)(40)를 구비한다.
- [0068] 도 4는 채널(channel)(27)과 두 개의 상이한 가열 실시예를 포함하는 공급 튜브(15)의 부분을 개략적으로 보여

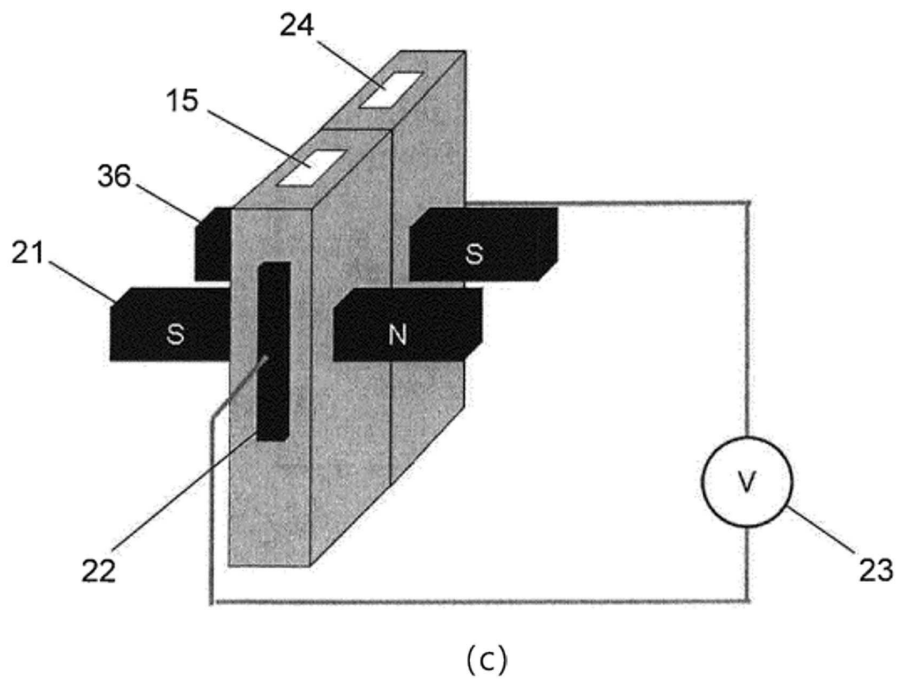
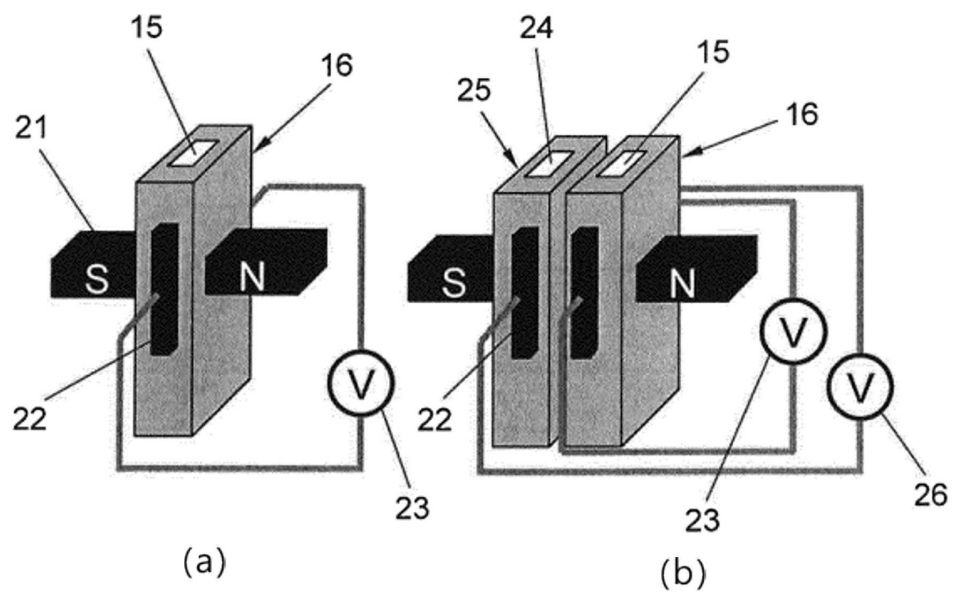
준다. 제 1 가열 방법은 전원(28)을 포함하는 저항 가열을 통해 공급 튜브를 가열하는 것이며, 여기서는 상기 공급 튜브의 재료가 저항 역할을 한다. 제 2 가열 방법은 전원(30)을 포함하는 시스 히터(sheath heater)(29)를 이용하는 것이며, 여기서는 상기 히터가 상기 공급 튜브(15) 내 구멍 또는 리세스에 구비된다. 상기 전원들(28 및 30)은 직류 또는 교류 전원일 수 있다. 이것 또한 사실상 저항 가열이며, 여기서 저항은 시스로 둘러싸이며 상기 공급 튜브로부터 전기적으로 절연된다. 모든 배관은 액체 금속의 용융점 이상의 온도까지 가열되어야 하며, 이를 위해 일반적으로 용융 온도의 40℃ 이상의 온도이면 충분할 것이다.

도면

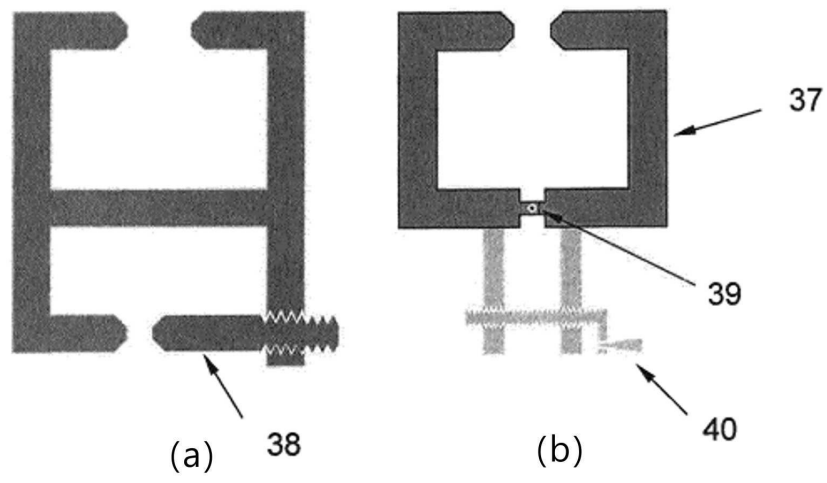
도면1



도면2



도면3



도면4

