



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년02월08일

(11) 등록번호 10-2360308

(24) 등록일자 2022년02월04일

(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 10-2018-7033592

(22) 출원일자(국제) 2017년05월01일

심사청구일자 2020년04월27일

(85) 번역문제출일자 2018년11월20일

(65) 공개번호 10-2019-0003589

(43) 공개일자 2019년01월09일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2017/060317

(87) 국제공개번호 WO 2017/191083

국제공개일자 2017년11월09일

(30) 우선권주장

16168162.2 2016년05월03일

유럽특허청(EPO)(EP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070011542 A*

KR1020140145168 A*

US05536324 A

US20100124022 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

타타 스틸 네덜란드 테크날러지 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 테크날러지 베뷔 - 그룹 인텔렉추얼 프로퍼티 서비시즈

코망되르 콜린

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

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인명신

전체 청구항 수 : 총 15 항

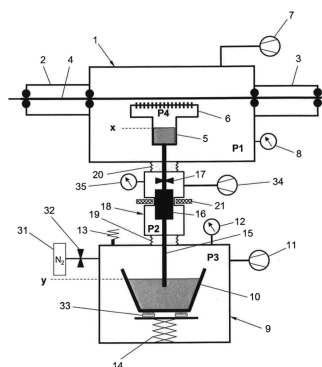
심사관 : 최중운

(54) 발명의 명칭 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치 작동 방법

(57) 요약

본 발명은 진공 챔버 내 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 작동시키는 방법에 관한 것으로, 공급 튜브가 액체 금속을 담기에 적합한 컨테이너로부터 상기 증발 장치까지 이어지며, 전자기 펌프가 상기 공급 튜브 내에 구비되며 밸브가 상기 공급 튜브 내 상기 전자기 펌프 및 상기 증발 장치 사이에 구비된다. 압력 제어 인클

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1

로저 내에 둘러싸인 부분적으로 또는 전체적으로 가스 투과성인 전자기 펌프가 본 방법에 사용되는데, 상기 전자기 펌프 및 압력 제어 인클로저는, 상기 증발 장치 및 공급 튜브의 충전과 배출이 상기 진공 챔버 내 진공 압력에 영향을 주지 않고 실행될 수 있도록 제어된다.

(52) CPC특허분류

C23C 14/56 (2013.01)

H02K 44/04 (2013.01)

(72) 발명자

스니즈더스 롤란드 얀

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

배커 에두아르트 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 장치를 작동시키는 방법으로서,
공급 튜브는 액체 금속을 담기에 적합한 컨테이너로부터 상기 증발 장치까지 이어지며,
전자기 펌프가 상기 공급 튜브 내에 구비되고,

밸브가 상기 공급 튜브 내 상기 전자기 펌프와 상기 증발 장치 사이에 구비되며:

- 부분적으로 또는 전체적으로 가스 투과성인 전자기 펌프를 제공하는 단계,
 - 압력 제어 인클로저로 상기 전자기 펌프를 둘러싸는 단계,
 - 상기 전자기 펌프를 액체 금속으로 충전하기 전 또는 충전할 때 또는 두 경우 모두 상기 압력 제어 인클로저 내 압력을 낮추고 또는 진공을 유지시키거나 둘 모두를 수행하는 단계,
 - 작동 동안 상기 압력 제어 인클로저 내 진공을 유지시키는 단계, 그리고
 - 상기 전자기 펌프로부터 액체 금속을 배출하기 전 또는 배출할 때 또는 두 경우 모두 상기 압력 제어 인클로저 내 압력을 증가시키고 또는 증가된 압력을 유지시키거나 둘 모두를 수행하는 단계
- 를 포함하는, 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 압력 제어 인클로저 내 진공은 1-1000 mbar의 압력을 갖는 진공인, 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 압력 제어 인클로저 내 증가된 압력은 대기압이거나 더 높은, 방법.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전자기 펌프의 충전 및 배출 전에 상기 밸브가 폐쇄되는, 방법.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 압력 제어 인클로저가 상기 공급 튜브의 일부 또는 전체를 둘러싸는, 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 전자기 펌프 위쪽에 위치하는 상기 공급 튜브의 둘러싸인 부분은 부분적으로 또는 전체적으로 가스 투과성인, 방법.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전자기 펌프는 부분적으로 또는 전체적으로 흑연으로 만들어진, 방법.

청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 공급 튜브의 둘러싸인 부분은 부분적으로 또는 전체적으로 흑연으로 만들어진, 방법.

청구항 9

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

액체 금속을 담기에 적합한 상기 컨테이너 내 액체 금속에 대한 힘이 제어되는, 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

액체 금속을 담기에 적합한 상기 컨테이너는 폐쇄 컨테이너이며, 액체 금속에 대한 힘은 상기 폐쇄 컨테이너 내 가스의 압력을 제어함으로써 제어되는, 방법.

청구항 11

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전자기 펌프에 대한 자기장은 상기 압력 제어 인클로저의 밖으로부터 적용되는, 방법.

청구항 12

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 증발 장치로부터 상기 컨테이너까지 이어지는 복귀 튜브와,

부분적으로 또는 전체적으로 가스 투과성인, 상기 복귀 튜브 내 전자기 펌프와,

상기 복귀 튜브 내 상기 전자기 펌프와 상기 진공 챔버 사이에 밸브가 구비되며,

상기 복귀 튜브 내 전자기 펌프는 상기 압력 제어 인클로저 내에 구비되며,

상기 전자기 펌프로부터 액체 금속을 배출하기 전 또는 배출할 때 또는 두 경우 모두 상기 압력 제어 인클로저 내 압력을 증가시키거나 또는 증가된 압력을 유지시키거나 둘 모두를 수행하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 13

삭제

청구항 14

진공 챔버 내 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치로서,

액체 금속을 담기에 적합한 컨테이너와,

상기 컨테이너로부터 상기 증발 장치까지 이어지는 공급 튜브와,

상기 공급 튜브 내에 구비되는 전자기 펌프를 더 포함하며,

상기 전자기 펌프는 부분적으로 또는 전체적으로 가스 투과성 전자기 펌프이며,

상기 전자기 펌프를 둘러싸는 압력 제어 인클로저가 구비되는, 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 압력 제어 인클로저가 상기 공급 튜브의 일부 또는 전체를 둘러싸는, 장치.

청구항 16

제 14 항 또는 제 15 항에 있어서,

상기 가스 투과성 전자기 펌프는 부분적으로 또는 전체적으로 흑연으로 만들어진, 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 진공 챔버(vacuum chamber) 내 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 작동시키는 방법에 관한 것이다. 이러한 장치는 예를 들어 물리 증착(physical vapour deposition: PVD)을 이용해 기재에 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 있는 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 WO2012081738을 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 변환 것이며, 지속적인 증발을 보장하기 위해 증발 장치로 지속적인 공급을 유지하도록 제어될 필요가 있다.

[0004] 액체 금속 컨테이너(container)로부터 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 WO2012081738을 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 WO2013143692에 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 영향 받지 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, 이

는 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 작동 동안 진공 챔버 내 진공에 영향을 주지 않고, 진공 챔버 내 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 작동시키는 방법을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 다른 목적은 증발 장치를 충전하는 동안 진공 챔버 내 진공에 영향을 주지 않고, 진공 챔버 내 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 작동시키는 방법을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 또 다른 목적은 증발 장치와 상기 증발 장치에 연결된 공급 튜브의 배출 동안 진공 챔버 내 진공에 영향을 주지 않고, 진공 챔버 내 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 작동시키는 방법을 제공하는 것이다.

[0014] 본 발명의 또 다른 목적은 간단한 방식으로 작동될 수 있는, 진공 챔버 내 진공에 영향을 주지 않고, 진공 챔버 내 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 작동시키는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 제 1 양상에 따르면, 본 발명의 하나 이상의 목적이 진공 챔버 내 증발 장치로 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 작동시키는 방법을 제공함으로써 구현되는데, 여기서 공급 튜브는 액체 금속을 담기에 적합한 컨테이너로부터 상기 증발 장치까지 이어지며, 전자기 펌프가 상기 공급 튜브 내에 구비되고, 밸브가 상기 공급 튜브 내 상기 전자기 펌프와 상기 증발 장치 사이에 구비되며, 상기 방법이:

[0016] - 부분적으로 또는 전체적으로 가스 투과성인 전자기 펌프를 제공하는 단계,

[0017] - 압력 제어 인클로저로 상기 전자기 펌프를 둘러싸는 단계,

[0018] - 상기 전자기 펌프를 액체 금속으로 충전하기 전 및/또는 충전할 때 상기 압력 제어 인클로저 내 압력을 낮추고 그리고/또는 진공을 유지시키는 단계,

[0019] - 작동 동안 상기 압력 제어 인클로저 내 진공을 유지시키는 단계, 그리고

[0020] - 상기 전자기 펌프로부터 액체 금속을 배출하기 전 및/또는 배출할 때 상기 압력 제어 인클로저 내 압력을 증가시키고 그리고/또는 증가된 압력을 유지시키는 단계

[0021] 를 포함한다.

[0022] 진공 챔버 밖의 컨테이너로부터 공급 튜브를 통해 증발 장치로 액체 금속을 공급함으로써, 상기 진공 챔버 내 진공이 영향받을 가능성이 매우 크다. 특히, PVD 공정과 같은 증발 공정의 시작과 끝에서 영향받을 가능성이 가장 높다. 공정의 시작에서, 상기 공급 튜브의 밸브는 상기 진공 챔버와 외부 환경 사이에 직접적인 연결이 존재하는 것을 방지할 것이다. 그러나, 상기 컨테이너로부터 상기 공급 튜브를 통해 상기 증발 장치로 액체 금속이 공급되면, 상기 공급 튜브 내 상기 밸브가 열려야 하며, 상기 밸브 하류의 상기 공급 튜브에 여전히 존재하는 공기 또는 가스가 상기 진공 챔버 안으로 흡입될 것이다. 상기 진공 챔버 안으로 들어오는 공기 또는 가스로, 상기 진공 챔버의 진공 압력이 영향을 받을 것이므로 미리 설정된 진공 압력으로 다시 낮춰야 하며, 이는 시간과 에너지가 소요된다. 다른 문제는 외부 공기로 오염물들이 상기 진공 챔버 안으로 들어올 수 있다는 것이다.

[0023] 본 발명에 따른 방법은, 가스 투과성 전자기 펌프를 이용함으로써 상기 공급 튜브가 상기 밸브가 열리기 전에 상기 공급 튜브 내에 존재하는 대다수의 공기 또는 가스를 몰아내고 액체 금속으로 채워질 수 있는 이점을 갖는다.

[0024] 역으로, 상기 증발 장치가 제 1 단계에서 액체 금속이 상기 공급 튜브 내 밸브 아래로 줄어들 때까지 비워질 수

있으며, 그 후 상기 밸브는 닫히고, 상기 가스 투과성 전자기 펌프를 통해 공기 또는 가스가 상기 공급 튜브로 들어오도록 함으로써 상기 공급 튜브는 완전히 비워질 수 있다.

- [0025] 기술된 바와 같은 가스 투과성 전자기 펌프의 사용을 위한 전제 조건은 가스 투과성 전자기 펌프를 압력 제어 인클로저 내에 둘러싸이게 하는 것이다. 이러한 인클로저가 없다면, 일반적인 작업 동안 공기가 상기 가스 투과성 전자기 펌프를 통해 상기 공급 튜브 안으로 흡입되어서 상기 진공 챔버의 진공이 여전히 손상될 것이다.
- [0026] 상기 압력 제어 인클로저 내 압력은 1 - 1000mbar 또는 대략 대기압의 압력 범위 내에서 변화된다. 상기 공급 튜브의 충전시 그리고 일반적인 작업 동안 상기 압력 제어 인클로저 내 압력은 바람직하게 1 - 200mbar 범위 내에서 유지된다. 상기 압력 제어 인클로저 내의 이러한 범위의 압력으로, 공기 또는 다른 가스도 상기 공급 시스템을 통해 상기 진공 챔버 안으로 흡입되지 않을 것이다.
- [0027] 상기 증발 방지 및 상기 공급 튜브를 비울 때, 공기 또는 다른 가스가 상기 가스 투과성 전자기 펌프를 통해 상기 공급 튜브로 들어가도록 하기 위해, 상기 압력 제어 인클로저 내 압력은 대기압까지 또는 더 높이 증가된다. 상기 압력 제어 인클로저 내 압력은, 액체 금속의 수위가 상기 공급 튜브 내 밸브보다 아래로 낮아진 후 증가된다. 상기 공급 튜브 내 밸브 아래는 상기 밸브 또는 상기 전자기 펌프 내 수위 바로 아래이며, 이는 상기 전자기 펌프가 상기 액체 금속에 로렌츠 힘(Lorentz force)을 여전히 가할 수 있는 수위일 것이다.
- [0028] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 상기 압력 제어 인클로저는 또한 상기 공급 튜브의 일부 또는 전체를 둘러싼다. 대류를 통한 열 손실은 진공 내에서 크게 감소되기 때문에, 이 특징은 열 손실이 감소되는 이점을 제공한다. 다른 이점은 상기 전자기 펌프 위에 위치하는, 둘러싸인 상기 공급 튜브의 일부가 부분적으로 또는 전체적으로 가스 투과성하도록 함으로써, 상기 공급 튜브가, 상기 공급 튜브의 충전으로 상기 공급 튜브로부터 공기 또는 다른 가스를 제거하고 상기 공급 튜브의 배기로 상기 공급 튜브 안으로 공기가 들어가도록 하는 데 사용된다. 이는 특히 상기 가스 투과성 전자기 펌프와 상기 공급 튜브 내 밸브 사이 상기 공급 튜브의 일부분에 적용된다.
- [0029] 본 발명의 추가적인 양상에 따르면, 상기 전자기 펌프가 부분적으로 또는 전체적으로 흑연으로 만들어진다. 흑연은 예를 들어 N₂ 및 공기와 같은 가스들에 대해 일정한 투과성을 갖는 것으로 밝혀졌다. Zn 또는 Mg와 같은 액체 금속 또는 액체 금속들의 혼합물에 대해, 흑연 펌프는 불투과성이다. 흑연의 가스 투과성은 위에 기술된 바와 같이 압력 제어 인클로저 내 압력을 제어함으로써 제어된다.
- [0030] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 상기 공급 튜브의 둘러싸인 일부분은 부분적으로 또는 전체적으로 흑연으로 만들어진다. 이는 상기 가스 투과성 전자기 펌프에 대해 기술된 바와 동일한 효과를 갖는다.
- [0031] 추가적으로, 액체 금속을 담기에 적합한 상기 컨테이너 내 액체 금속에 대한 힘은 제어된다.
- [0032] 바람직하게, 액체 금속을 담기에 적합한 상기 컨테이너는 폐쇄 컨테이너이며 액체 금속에 가해지는 힘은 상기 폐쇄 컨테이너 내 가스의 압력을 제어함으로써 제어된다. 이런 식으로, 상기 컨테이너 내 액체 금속에 가해질 힘이 매우 용이하게 제어될 수 있으며 필요한 경우 빠르게 변화될 수 있다. "폐쇄 컨테이너"라는 용어는 컨테이너 내 가스의 압력 및/또는 구성이 제어되거나 제어될 수 있는 컨테이너를 의미한다.
- [0033] 본 발명의 추가적 양상에 따르면 상기 방법은, 상기 증발 장치로부터 상기 컨테이너까지 이어지는 복귀 튜브를 구비하며, 상기 복귀 튜브 내에 부분적으로 또는 전체적으로 가스 투과성인 전자기 펌프와 상기 전자기 펌프와 상기 진공 챔버 사이 상기 복귀 튜브 내에 밸브가 구비되며, 상기 복귀 튜브 내 전자기 펌프는 상기 압력 제어 인클로저 내에 구비되며, 상기 전자기 펌프로부터 액체 금속을 배출하기 전 및/또는 배출할 때 상기 압력 제어 인클로저 내 압력을 증가시키며 그리고/또는 증가된 압력을 유지시키는 단계를 포함한다.
- [0034] 공급 튜브 및 복귀 튜브로, 상기 증발 장치 내 액체 금속의 구성이 제어된다. 구성의 제어는 구성이 가능한 한 일정하며 구성 요소들의 상이한 증발 속도 때문에 변화되지 않는 것을 의미한다.
- [0035] 본 발명은 또한 상기 방법에서 사용하기 위한 전자기 펌프를 포함하며, 상기 전자기 펌프는 부분적으로 또는 전체적으로 가스 투과성 재료로 만들어진다. 바람직하게, 상기 가스 투과성 재료는 흑연이다.
- [0036] 본 발명은 진공 챔버 내 증발 장치에 액체 금속을 공급하기 위한 장치를 제공하는데, 상기 장치는 액체 금속을 담기에 적합한 컨테이너, 상기 컨테이너로부터 상기 증발 장치까지 이어지는 공급 튜브 및 상기 공급 튜브 내에 구비되는 전자기 펌프를 더 포함하며, 상기 전자기 펌프는 부분적으로 또는 전체적으로 가스 투과성 전자기 펌프이며, 상기 전자기 펌프를 둘러싸는 압력 제어 인클로저가 구비된다.

- [0037] 본 발명의 추가적 양상에 따르면, 상기 압력 제어 인클로저는 상기 공급 튜브의 일부 또는 전체를 둘러싼다.
- [0038] 상기 가스 투과성 전자기 펌프는 부분적으로 또는 전체적으로 흑연으로 만들어진다. 또한 바람직하게, 상기 압력 제어 인클로저로 둘러싸인 상기 공급 튜브의 일부 또는 전체는 흑연으로 만들어진다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 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 나타내고,

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

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0040] 도 1은 그 안으로 스트립(strip)(4)이 안내되는 진공 로크(vacuum lock)(2 및 3)를 양측에 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.

- [0041] 도 1 아래쪽에서는, 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 질소와 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.

- [0042] 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.

- [0043] 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.

- [0044] 상기 공급 튜브(15)는 상기 폐쇄 컨테이너(9) 내부의 용기(10)로부터 상기 증발 장치(5)까지 이어지며, 상기 공급 튜브 내에 가스 투과성 전자기 펌프(16) 및 밸브(17)가 구비된다. 상기 가스 투과성 전자기 펌프(16) 및 밸브(17)는 압력 제어 인클로저(18) 내에 위치한다. 상기 압력 제어 인클로저(18)는 작업 동안 낮은 진공으로 유지되며, 이는 상기 전자기 펌프(16) 뿐만 아니라 상기 공급 튜브(15)로부터 대류로 인한 열 손실을 상당히 방지한다. 이를 위해서, 상기 진공 인클로저(18)는 진공 펌프(34) 및 압력계(35)를 구비한다.

- [0045] PVD 공정의 시작에서, 상기 증발 장치(5)는 상기 용기(10)로부터 공급 튜브(15)를 통해 액체 금속을 공급받는다. 이 단계에서 밸브(17)는 닫혀 있다. Δ 과정이 시작되기 전에 모든 부품들이 완전히 가열되는 것이 중요하다. 상기 압력 제어 인클로저(18) 내의 압력은 1 - 200mbar 범위의 압력까지 낮춰지거나 이미 낮춰져 있다. 상기 가스 투과성 전자기 펌프의 투과성 때문에, 상기 공급 튜브(15) 내에 존재하는 공기 또는 가스가 상기 가스 투과성 전자기 펌프를 통해 밖으로 배출된다. 이 공정은 상기 폐쇄 컨테이너(9) 내의 압력을 증가시켜 액체 금속을 상기 공급 튜브(15)로 강제로 이동하도록 함으로써 속도를 높이거나 도움을 받을 수 있다. 또한, 적어도 밸브(17)까지 가스 투과성인 공급 튜브로, 상기 공급 튜브(15) 내의 모든 또는 거의 모든 공기 또는 가스가 밸브(17)가 열리기 전에 밖으로 배출될 수 있다. 이런 식으로, 상기 진공 챔버 내 진공 압력이 영향 받는 것이 방지된다.

- [0046] 상기 압력 제어 인클로저(18) 아래의 상기 공급 튜브(15)의 일부, 즉, 벨로우즈(19) 및 폐쇄 컨테이너(9) 내 상

기 공급 튜브(15)의 일부는 가스 투과성이어야 한다.

[0047] PVD 공정의 끝에서, 액체 금속은 상기 증발 장치(5)로부터 끌어당겨져 컨테이너(9) 내 용기(10)로 복귀한다. 이를 위해서, 상기 가스 투과성 전자기 펌프(16)는 강제로 액체 금속을 상기 용기(10)로 이동시키도록 제어된다. 액체 금속이 밸브(17) 아래에 위치하게 되자마자, 밸브(17)는 폐쇄되어 상기 진공 챔버는 밸브(17) 아래의 상기 시스템과 더이상 연결되지 않는다. 상기 압력 제어 인클로저(18) 내 압력은 증가되며, 상기 증가된 압력으로, 상기 압력 제어 인클로저 내 공기 또는 가스는 공급되는 한 상기 가스 투과성 전자기 펌프 및 상기 가스 투과성 공급 튜브를 통해 상기 공급 튜브 안으로 쉽게 끌어당겨진다. 이를 통해 액체 금속은 용기(10) 내 액체 금속 안에서 튀거나 방해받지 않고 제어된 방식으로 상기 공급 튜브로부터 끌어당겨질 수 있다. 이 공정은, 강제로 액체 금속을 상기 액체 컨테이너 안으로 이동하도록 상기 폐쇄 컨테이너(9) 내 압력을 감소시킴으로써 속도를 높이거나 도움을 받을 수 있다. 그러나, 증발이 발생하여 상기 폐쇄 컨테이너에 오염이 발생하지 않도록 주의해야 한다.

[0048] 상기 압력 제어 인클로저(18)는 벨로우즈(19 및 20)를 통해 상기 폐쇄 컨테이너(9) 및 상기 진공 챔버에 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 압력 제어 인클로저(18) 내 낮은 진공 때문에 상기 공급 튜브(15)의 피드 스루에서 상기 진공 챔버(1)로의 불가피한 진공 누출은 훨씬 적다.

[0049] 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 강제로 하향으로 이동될 때, 상기 액체 금속 수위는 대략 상기 전극들의 높이에서의 수위보다 더 낮을 수 없다.

[0050] 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.

[0051] 상기 액체 금속에 대한 상향 힘은 압력차 및 세로단 높이에 의해 주어진다:

[0052] $P3 - P1 - (X-Y) * \text{액체 밀도}$, 여기서

[0053] $P3$ = 상기 폐쇄 컨테이너 내 압력

[0054] $P1$ = 상기 진공 챔버 내 압력

[0055] X = 상기 증발 장치 또는 공급 튜브 내 어딘가에 있을 수 있는, 액체 금속의 최고 높이 수위, 그리고

[0056] Y = 상기 폐쇄 컨테이너의 용기 내 액체 금속의 높이 수위.

[0057] 일단 상기 증발 장치 내에서 액체 금속의 증발이 시작되면 액체 금속에 대한 구동력은:

[0058] $P3 - P4 - (X-Y) * \text{액체 밀도}$ 이며, 여기서

[0059] $P4$ 는 상기 진공 챔버 내 압력보다 높은 상기 증기 분배기(6) 내 압력이다.

[0060] 상기 전자기 펌프가 액체 금속의 상향 흐름에 대해 힘을 가하면, 그 힘은 다음과 같다:

[0061] $P3 - P1 - (X-Y) * \text{액체 밀도} - B * I * C$, 여기서:

[0062] B 는 자기장이며, I 는 액체 금속을 통과하는 전류이며, C 는 상수이다. 일단 증발이 시작되면 식은 다음으로 바뀐다:

[0063] $P3 - P4 - (X-Y) * \text{액체 밀도} - B * I * C$

[0064] 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. 이 구성에서, 상기 전극들은 액체 금속과 직접 접촉되지 않으며, 이는 상기 전극들이 액체 금속과 직접 접촉하는 전극들보다 훨씬 오래 지속된다는 이점을 갖는다. 전제는 상기 가스 투과성 전자기 펌프의 재료가 전도성이라는 것이며 흑연 전자기 펌프가 이 경우이다. 추가적 이점은 전류가 상기 전자기 펌프의 몸체를 통과하며, 그 결과 상기 전자기 펌프가 저항 가열을 통해 가열될 수 있다는 것이다. 기술된 바와 같은 상

기 방법은 물론 상기 전극들이 액체 금속과 직접 접촉되는 가스 투과성 전자기 펌프들에도 효과가 있다.

[0065] 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.

[0066] 가변 직류 전원 장치 및 직류 코일 대신에, 가변 교류 전원 장치 및 전자석용으로 교류 코일 또한 사용 가능하다.

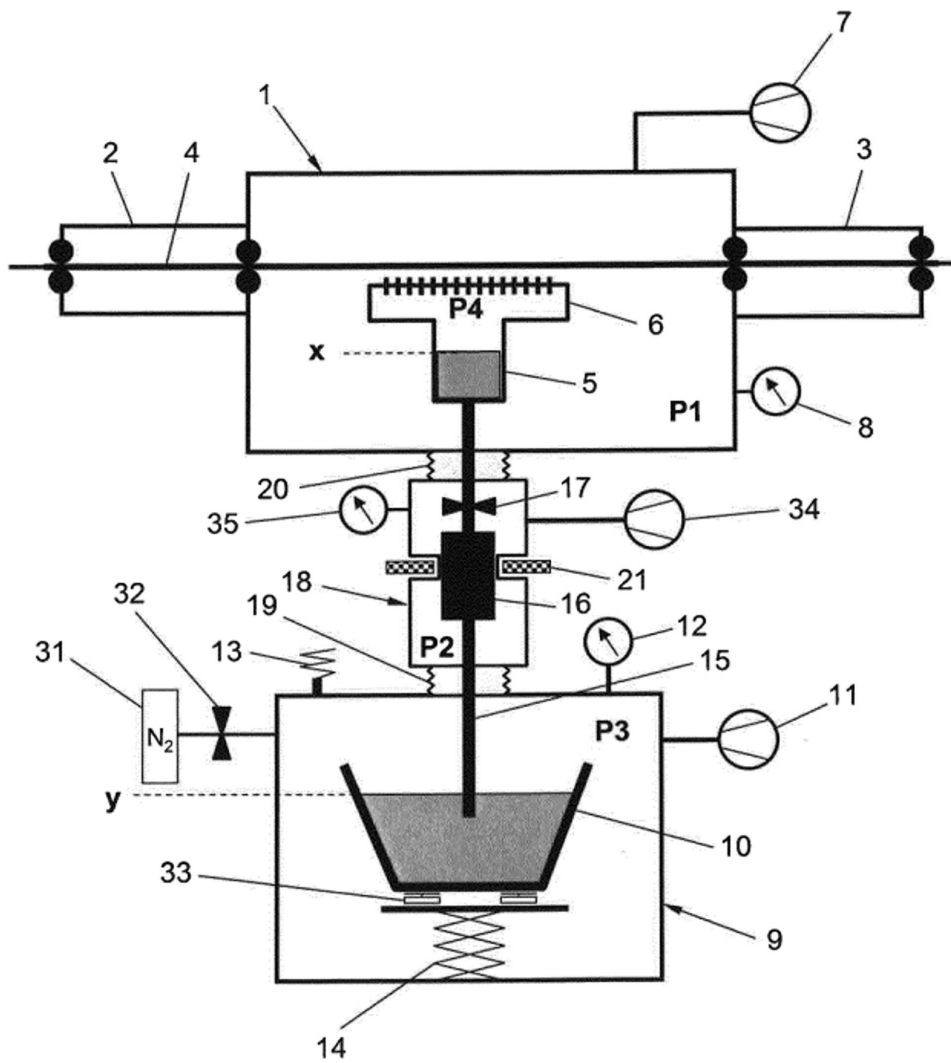
[0067] 도 2(b)는 공급 튜브(15) 및 복귀 튜브(24) 각각을 위한 전자기 펌프(18 및 25)를 구비하는 서로 나란히 위치하는 공급 튜브(15) 및 복귀 튜브(24)를 포함하는 구성을 보여준다. 상기 공급 튜브(15) 및 복귀 튜브(24) 모두를 위한 자기장이 동일한 영구 자석(21)으로 제공된다. 분리된 가변 직류 전원 장치들(23 및 26)이 상기 공급 튜브(15)와 복귀 튜브(24) 각각을 위해 제공되며, 로렌츠 힘이 반대 방향이어야 하기 때문에, 상기 전원 장치들은 전극에 역으로 연결된다. 상기 공급 튜브(15) 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.

[0068] 도 2(c)는 공급 튜브(15) 및 공급 튜브(24)의 상기 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.

[0069] 공급 튜브(15) 및 복귀 튜브(24)를 포함하는 경우에도, 상기 공급 튜브(15)의 충전은 하나의 공급 튜브만을 포함하는 구성의 경우와 동일하다. 그러나, 바람직하게, 상기 복귀 튜브 내 밸브를 열었을 때, 상기 복귀 튜브 내 공기 또는 가스가 상기 진공 챔버 안으로 끌어당겨져 상기 가스 투과성 전자기 펌프(25) 및 상기 증발 장치(5) 사이에 구비되는 상기 복귀 튜브 내 밸브까지 차오르는 것을 방지하기 위해, 상기 복귀 튜브(24)는 상기 공급 튜브와 동일한 방식으로 충전된다. 상기 복귀 튜브(24)의 배출은 공급 튜브만을 포함하는 구성에 대해 기술된 바와 같은 상기 공급 튜브(15)의 배출과 동일한 방식으로 수행된다.

도면

도면1



도면2

