



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년04월01일
(11) 등록번호 10-0818864
(24) 등록일자 2008년03월26일

(51) Int. Cl.

B22D 23/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2001-0008425
(22) 출원일자 2001년02월20일
심사청구일자 2006년02월20일
(65) 공개번호 10-2001-0085423
(43) 공개일자 2001년09월07일

(30) 우선권주장
09/511,529 2000년02월23일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌
US 5325906 A*
US 5381847 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 13 항

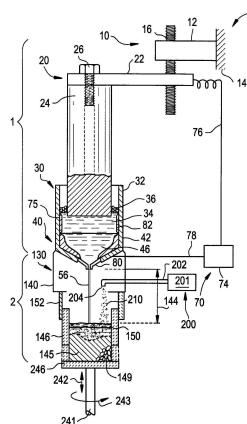
심사관 : 이학왕

(54) 주조 장치 및 주조 방법

(57) 요 약

본 발명의 핵생성 주조 시스템과 방법은 분말을 주물의 액체 부분으로 첨가하는 것을 포함한다. 주조 장치는 정련된 액체 금속과 응고 부분을 수용하는 액체 부분(148)을 포함하는 주물(145)을 성형하며, 주물은 본질적으로 산화물과 황화물과 편석 결함이 없는 미립자의 균질한 미세조직을 더 포함한다. 주물을 성형하기 위해 주조 장치(3)는 금속으로부터 정련된 산화물과 황화물을 갖는 정련된 액체 금속과, 주물의 액체 부분의 표면에 고체 금속 입자를 첨가하는 고체 금속 입자 첨가 시스템과, 핵생성 주조 시스템(2)을 포함한다. 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 주물의 응고시 핵생성 중심으로서 작용하는 고체 금속 입자를 첨가한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자
자발라로버트존
미국뉴욕주12303쉐넥터디테리애비뉴39

네드센브루스앨런
미국뉴욕주12010암스테르담밸랜스로드238

특허청구의 범위

청구항 1

고체 금속 입자 첨가부를 가지며, 정련된 액체 금속을 수용하는 액체 부분과 응고 부분을 포함하는 주물을 성형하는 주조 장치(3)로서, 상기 주물은 산화물, 황화물 및 편석 결함이 없는 미립자의 균질한 미세조직을 더 포함하는, 상기 주조 장치에 있어서,

정련에 의해 금속으로부터 산화물 및 황화물을 제거한 정련된 액체 금속의 공급원과,

주물 액체 부분의 표면에 고체 금속 입자를 첨가하는 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)과,

주물을 성형하기 위한 핵생성 주조 시스템(1)으로서, 산화물, 황화물 및 편석 결함이 없는 미립자의 균질한 미세조직을 포함하는 주물을 성형하도록 상기 정련된 액체 금속을 수용하는, 상기 핵생성 주조 시스템을 포함하며,

상기 고체 금속 입자 첨가 시스템은 주물의 응고 도중에 핵생성 중심으로서 작용하는 고체 금속 입자를 첨가하는

주조 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 정련된 액체 금속의 공급원은 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 포함하는

주조 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)은,

일렉트로슬래그 정련하여 용융 슬래그를 제공하는 일렉트로슬래그 정련 구조체(30)와,

상기 용융 슬래그 아래에 정련된 용융 금속을 유지하고, 내부에 정련된 용융 금속을 제공하는 냉간 노상 구조체(40)와,

정련된 액체 금속의 공급원을 형성하기 위해 상기 일렉트로슬래그 정련 구조체 내로 삽입되어 상기 일렉트로슬래그 정련 구조체내의 용융 슬래그와 접촉하는 원료 금속의 공급원(24)과,

상기 원료 금속의 공급원을 일렉트로슬래그 정련하기 위해 회로를 통해 전력을 공급하는 전기 파워 서플라이(70)로서, 상기 회로는 상기 전기 파워 서플라이와, 상기 원료 금속의 공급원과, 상기 용융 슬래그와, 상기 원료 금속의 공급원이 상기 용융 슬래그와 접촉하는 곳에서 상기 원료 금속을 저항 용융시키고 정련된 액체 금속의 용융된 액적을 형성하기에 충분한 상기 일렉트로슬래그 정련 구조체로 구성되는, 상기 전기 파워 서플라이와,

용융된 액적이 용융 슬래그를 통해 낙하하는 것을 가능하게 하는 출구와,

용융된 액적이 용융 슬래그를 통과한 후 상기 일렉트로슬래그 정련 구조체 바로 밑의 상기 냉간 노상 구조체내에 정련된 액체 금속의 본체로서 용융된 액적을 수집하는 수집기와,

냉간 노상 구조체의 하부에 오리피스를 구비하는 냉간 평거 오리피스 구조체(80)로서, 냉간 노상 오리피스 구조체내에 수집되는 일렉트로슬래그 정련 금속을 냉간 평거 오리피스 구조체의 오리피스를 통해 배출하는 상기 냉간 평거 오리피스 구조체(80)를 포함하는

주조 장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 핵생성 주조 시스템은, 상기 정련된 액체 금속의 공급원으로부터의 금속을 수집하고 응고시키는 금형(14 6)을 더 포함하고, 난류 영역이 금형의 상부 표면에 생성되며, 난류 영역이 평균적으로 50 체적%보다 적게 응고되는

주조 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 난류 영역은 평균적으로 5 체적% 내지 40 체적% 응고되는

주조 장치.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 주물은 주조물, 잉곳 및 예비성형품(preform) 중 하나 이상을 포함하는

주조 장치.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 주물은 니켈계, 코발트계, 티타늄계, 또는 철계 금속 중 하나 이상의 금속으로 이루어져 있는

주조 장치.

청구항 14

삭제

청구항 15

제 3 항에 있어서,

상기 원료 금속의 공급원은 소모성 전극(24), 분말 금속 공급원 및 용융 금속 공급원 중 하나 이상으로부터 선택되는

주조 장치.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은, 하나 이상의 고체 금속 입자 공급원(201)과, 고체 금속 입자가 고체 금속 입자 첨가 시스템을 빠져나가 상기 주물에 이송되게 하는 하나 이상의 분산 시스템(204)을 포함하는 주조 장치.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 주조 장치는 제어된 분위기 환경(140)을 포함하고, 상기 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 상기 제어된 분위기 환경 내에 위치하는

주조 장치.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 주조 장치는 제어된 분위기 환경(140)을 포함하고, 상기 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)의 일부가 상기 제어된 분위기 환경 내에 위치하는

주조 장치.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

제 1 항에 있어서,

상기 고체 금속 입자 첨가 시스템은 상기 주물의 액체 부분에 상기 고체 금속 입자를 첨가시키는 것을 용이하게 하는 하나 이상의 분산 보조 시스템을 포함하는

주조 장치.

청구항 26

삭제

청구항 27

주조 방법에 의해 성형되는 주물에 고체 금속 입자를 첨가하는 주조 방법으로서, 상기 주물은 정련된 액체 금속을 수용하는 액체 부분과 응고 부분을 가지며, 상기 주물은 산화물, 황화물 및 편석 결합이 없는 미립자의 균질한 미세조직을 더 포함하는, 주조 방법에 있어서,

정련에 의해 금속으로부터 산화물 및 황화물을 제거한 정련된 금속 액체의 공급원을 제공하는 단계와,

상기 정련된 액체 금속을 핵생성 주조 시스템(2)에 공급하는 단계와,

상기 핵생성 주조 시스템에서의 핵생성 주조에 의해 주물(145)을 성형하는 단계로서, 상기 주물은 액체 부분과 응고 부분을 갖는, 상기 주물 성형 단계와,

상기 액체 부분의 표면(150)에 고체 금속 입자(210)를 첨가하는 단계를 포함하며,

상기 고체 금속 입자가 응고 동안 핵생성 중심으로서 작용하는

주조 방법.

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <16> 본 발명은 핵생성 주조 시스템 및 주물을 성형하기 위한 연관된 방법에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 주물에 분말을 첨가하는 것을 포함하는 핵생성 주조 시스템과 방법에 관한 것이다.
- <17> 철(Fe), 니켈(Ni), 티타늄(Ti) 및 코발트(Co) 계 합금과 같은 금속이 미립자의 미세조직, 균질성 및 본질적으로 결함이 없는 조성이 요구되는 터빈 구성부품 용도로 사용된다. 초합금 성형과 관련된 비용이 고가이므로, 초합금 주물과 잉곳(ingot)에서의 문제점은 바람직하지 않으며, 특히 터빈 구성요소로 성형된 잉곳에서의 이러한 문제점의 결과는 바람직하지 않다. 주물을 생산하기 위한 종래의 시스템은 주조로부터 제조되는 주물내에 바람직하지 않은 결과를 발생시킬 수 있는 불순물, 오염물 및 다른 성분의 양을 감소시키는 시도를 해왔다.
- <18> 물품(이하 '주물'이라고 함)을 성형하는 주조는 적어도 일렉트로슬래그 정련(electroslag refining: ESR)(미국 특히 제 5,160,532 호, 제 5,310,165 호, 제 5,325,906 호, 제 5,332,197 호, 제 5,348,566 호, 제 5,366,206 호, 제 5,472,177 호, 제 5,480,097 호, 제 5,769,151 호, 제 5,809,057 호 및 제 5,810,066 호에 개시됨) 단계를 구비할 수 있다. 불순물, 오염물질 및 다른 성분의 양을 감소시키기 위해 정련 및 기계적 가공등에 한정되지 않는 다른 야금학적 방법이 주물을 보다 잘 정련하고 성형하도록 일렉트로슬래그 정련과 조합될 수 있다. 그러한 절차에 의해 생산된 금속은 유용하며 금속 생산물 자체가 가치가 있지만, 그 공정은 매우 고가이고 시간이 많이 소요된다. 또한, 상대적으로 대형인 초합금과 같은 금속 본체를 가공하고 정련하는 것은, 예를 들면 균질하고 결함 없는 조직을 획득하는데 종종 문제점이 수반된다.
- <19> 초합금 주조에서 종종 발생되는 그러한 문제점의 하나는 핵생성 및 액체에서 고체로 응고 도중에 입자 크기 및 정련된 금속의 다른 미세조직을 제어하는 것을 포함한다. 또한, 합금 또는 성분 편석(segregation)의 문제점 또한 대형 금속 본체에서 공정이 수행될 때 발생한다. 일부의 일렉트로슬래그 정련 공정 작업 도중 문제점이 발생할 수 있다. 예를 들면, 종래의 일렉트로슬래그 정련 방법은 전형적으로 용융된 정련 금속의 충상에 부유하는 슬래그 정련 충을 수용하는 정련 용기를 사용한다. 정련되지 않은 금속의 잉곳은 일반적으로 소모성 전극으로서 사용되며 용융된 일렉트로슬래그 충과 접촉하도록 용기내로 하강한다. 전류가 슬래그 충을 통해 잉곳으로 흐르며 잉곳과 슬래그 충 사이의 경계면에서 표면이 용융되게 한다. 잉곳이 용융될 때, 산화 개재물 또는 불순물이 슬래그에 노출되고 잉곳과 슬래그 사이의 접촉 지점에서 제거된다. 정련된 금속의 액적(液滴)(droplet)이 형성되며, 이러한 액적은 슬래그를 관통하고 슬래그 밑의 용융된 정련 금속의 풀(pool)에 수집된다. 일렉트로슬래그 정련 장치는 정련 전류의 강도, 특정 열 입력 및 용융 비율등에 한정되지 않는 개개의 방법 변수 사이의 관계에 의존할 수 있다. 이러한 관계는, 최종 주물에서 불충분한 야금학적 조직을 초래할 수 있는, 금속의 일렉트로슬래그 정련 비율, 금속 잉곳 온도 및 정련된 용융 금속이 냉각되는 비율 사이의 바람직하지 않은 상호 의존성을 내포한다.
- <20> 종래의 일렉트로슬래그 정련 공정과 관련된 다른 문제는 일렉트로슬래그 도가니내에 비교적 깊은 금속 풀이 형성된다는 것이다. 깊은 용융 풀은 금속 중의 성분의 매크로편석도(degree of macrosegregation)를 변동시키는 원인이 되는데, 이로 인하여 미립자 미세조직이 아닌 미세조직과 같은 원하지 않는 미세조직이 되거나, 불균질

한 조직을 형성시키는 원소종의 편석이 생성된다. 이러한 깊은 용융 풀 문제를 극복하기 위해 후속 작업이 일렉트로슬래그 정련 방법과 조합하여 제안되었다. 이러한 후속 공정은 진공 아크 재용해(vacuum arc remelt: VAR)가 될 수도 있다. 진공 아크 단계에 의해 잉곳이 처리될 때 진공 아크 재용해가 시작되어 비교적 얇은 용융 풀을 생성하며, 그에 의해 저 수소 함유량을 갖는 향상된 미세조직이 생성된다. 진공 아크 정련 방법에 뒤이어, 생성된 잉곳은 바람직한 미립자의 미세조직을 갖는 금속 스톡(metal stock)이 되도록 기계 가공된다. 그러한 기계적 가공은 단조 및 인발 단계의 조합을 포함할 수도 있다. 이러한 열-기계적 가공(thermo-mechanical processing)은 고비용의 에너지 입력뿐만 아니라 고가의 대형 장비를 필요로 한다.

<21> 소망의 주물 미세조직을 제공하려는 시도가 미국 특허 제 5,381,847 호에 개시되었고, 상기 특허에서는 수지상 성장(dendritic growth)을 제어함으로써 입자의 미세조직을 제어하려는 수직 주조 방법이 시도된다. 상기 방법은 일부 주조 용도로 유용한 미세조직을 제공할 수도 있다. 그러나, 수직 주조 방법은 불순물, 산화물 및 다른 바람직하지 않은 성분(이에 한정되는 것은 아님) 등을 비롯한 금속 성분 공급원을 제어하지 않는다. 또한, 수직 주조 작업은 금형내에 상대적으로 깊은 액체 부분을 형성하고 액체 부분은 느린 금속 핵 생성으로 인해 응고가 늦추어 진다. 느린 핵 생성은 주조 작업을 늦추게 하고, 또한 주물의 미세조직과 특성에 악영향을 끼칠 수도 있다.

<22> 그러므로, 핵 생성을 향상시키고, 상대적으로 균질한 미립자의 미세조직을 갖는 주물을 생산하며 청정 금속 공급원이 공급될 수 있는 금속 주조 방법과 시스템을 공급하는 것이 요구된다. 또한, 상대적으로 균질한 미립자의 미세조직을 갖는 주물을 생산하는 방법과 시스템을 제공하는 것이 요구된다. 또한, 터빈 구성부품 용도로 본질적으로 산화물이 없는 주물을 생산하는 방법과 시스템이 요구된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<23> 본 발명의 특징에 따르면 주물의 액체 부분에 분말을 첨가하는 것을 포함하는 핵생성 주조 시스템과 방법이 개시된다. 주조 장치는 정련된 액체 금속을 수용하는 액체 부분과 응고 부분을 포함하는 주물을 성형하며, 주물은 본질적으로 산화물과 황화물과 편석 결함이 없는 미립자의 균질한 미세조직을 더 포함한다. 주조 장치는 정련에 의해 금속으로부터 산화물 및 황화물을 제거한 액체 금속의 공급원과, 주물의 액체 부분의 표면에 고체 금속 입자를 첨가하는 고체 금속 입자 첨가 시스템과, 주물을 성형하는 핵생성 주조 시스템을 포함한다. 고체 금속 입자 첨가 시스템은 주물의 응고 도중 핵생성의 중심으로서 작용하는 고체 금속 입자를 첨가한다.

<24> 본 발명의 또 하나의 특징에 따르면 주물을 성형하기 위해 고체 금속 입자를 첨가하는 단계를 갖는 주조 방법이 개시된다. 주물은 정련된 액체 금속을 수용하는 액체 부분과 응고 부분을 포함한다. 주물은 본질적으로 산화물, 황화물 및 편석 결함이 없는 미립자의 균질한 미세조직을 더 포함한다. 주조 방법은 정련된 액체 금속을 제공하는 단계와, 정련된 액체 금속을 금형에 공급하는 단계와, 고체 금속 입자를 주물에 첨가하는 단계와, 핵 생성 주조에 의해 주물을 성형하는 단계를 포함하며, 주물은 액체 부분과 응고 부분을 포함한다. 고체 금속 입자는 응고 도중 핵생성의 중심으로서 작용한다.

발명의 구성 및 작용

<25> 본 발명의 일 실시예에 따른, 주조 장치와 방법은 핵생성 주조 시스템(또한 "수직 주조 시스템"으로서도 공지됨)에 대한 금속의 스트림(stream)으로서 제공될 수 있는 청정 금속의 공급원을 포함한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 주조 시스템은 주물의 액체 부분내에 고체 금속 입자를 첨가하는 것을 더 제공한다. 고체 금속 입자는 금속 분말(이후 "고체 금속 입자"라고 함)을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다. 고체 금속 입자는 액체 부분내로 유입되어 일반적으로 액체 부분의 윗면에, 예컨대 액체 부분의 전체 표면에 걸쳐 분포된다. 고체 금속 입자는 응고시 액체 금속의 응고에 대한 핵(nuclei)으로서 작용한다.

<26> 주조 방법은, 예컨대 일렉트로슬래그 정련 시스템(electroslag refining system)으로부터 청정 액체 금속의 공급원을 형성하는 단계와, 청정 금속을 핵생성 주조 시스템(nucleated casting system)에 운반 또는 공급하는 단계와, 고체 금속 입자를 액체 부분에 첨가하는 단계와, 금속 고체 입자를 주물의 액체 부분에 첨가하면서 본질적으로 산화물과 불순물이 없는 재료로 주물, 잉곳 또는 예비성형품(preform)(이에 한정되지 않음)과 같은 주물을 성형하는 단계를 포함한다. "본질적으로 없는(essentially free)"이라는 용어는 재료내의 임의의 구성성분이 재료에, 예컨대 재료의 강도 및 연관된 특성에 악영향을 주지 않는 것을 의미한다. 또한, 주조 방법은, 특히 상기 언급된 바와 같은 종래의 용융 방법에 의해 생산된 주물과 비교할 때, 편석 결함이 감소된 주물을 생산한다. 이하, 주조 방법과 시스템에 의해 성형된 주물에 대해 설명할 것이다, 이 설명은 단지 예시적이며 어떠

한 방식으로도 본 발명을 제한하는 의도는 없다.

- <27> 청정 액체 금속 공급원은 일렉트로슬래그 정련 단계에 의해 청정 액체 금속을 제공하는 일렉트로슬래그 정련 장치를 포함할 수 있다. 예를 들면, 일렉트로슬래그 정련 장치는, 상기 언급된 특허에 개시된 바와 같이 냉간 유도 가이드(cold-induction guide: CIG)와 협동하는 일렉트로슬래그 정련 시스템을 포함한다. 핵생성 주조 시스템은, 용융된 금속 각각의 약 30체적%(평균값임)가 응고되기에 충분한 길이를 갖도록 형성된 냉각 영역을 용융된 금속이 통과하게 하는 시스템을 포함할 수 있다. 그 후 용융된 금속은 금형에 의해 수용되고 금형내에서 용융된 금속의 응고가 완료된다. 약 30체적% 미만이 고체라면, 용융 금속은 액체 특성을 보유하여 금형 내에서 용이하게 유동한다.
- <28> 본 발명에 따른 실시예의 주조 방법과 시스템은, 대체로 터빈 구성부품용으로 사용되는 니켈과 코발트 계 초합 금 및 철과 티타늄 합금(이에 한정되지 않음)을 포함하는, 다수의 금속과 합금에 대해 균질한 미립자의 미세조직을 포함하는 주물을 생산할 수 있다. 본 주조 방법 및 시스템에 의해 성형된 주물은 균질한 미립자 미세조직이기 때문에, 약간의 가공 및 열처리 공정으로 최종 주물 또는 빌렛(billet)으로 변환되거나, 혹은 직접 단조될 수 있다. 따라서, 주조 방법과 시스템은, 회전 장치 용도(디스크, 로터, 블레이드, 베인, 휠, 버킷, 링, 샤프트 등 및 다른 그러한 요소)와 기타 터빈 구성요소 용도 등에 한정되지 않는 다수의 용도에 사용될 수 있는 고품질의 단조품을 생산하기 위해 사용될 수 있다. 본 발명의 설명은 주조로부터 성형된 터빈 구성요소에 관한 것이나, 이것은 본 발명의 범위내의 적용에 대한 예시일 뿐이다.
- <29> 도 1을 참조하면, 고체 금속 입자가 첨가되는 주조 장치(3)의 개략적이고 부분적으로 절단된 정면도가 도시된다. 도 2 내지 도 4는 도 1에 도시된 주조 장치의 특징부의 세부 사항을 도시하며, 도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 실시예의 고체 금속 입자 첨가 시스템의 특징을 도시한다. 주조 장치(3)를 설명한 후, 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)이 설명될 것이며, 그 후 고체 금속 입자 첨가 시스템의 설명에 의해 본 발명의 이해가 용이하게 될 것이다.
- <30> 도 1에 있어서, 주조 장치(3)를 위한 청정 금속과 그와 연관된 주조 방법은 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)에 의해 제공된다. 청정 금속은 핵생성 주조 시스템(2)으로 이송된다. 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)과 핵생성 주조 시스템(2)은 협동하여 고체 금속 입자를 첨가하는 것을 포함하는 주조 장치(3)를 형성하며, 주조 장치는 주물을 성형한다. 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)은 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)내로 직접 정련되는 금속의 소모성 전극(24)을 도입하며, 청정하고 정련된 용융 금속(46)(이하 "청정 금속"이라 함)을 생산하기 위해 소모성 전극(24)을 정련한다. 소모성 전극(24)으로서 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)에 대한 금속의 공급원은 단지 예시적일 뿐이며, 본 발명의 범위는 잉곳, 금속의 용융액, 분말 금속 및 그 조합을 포함하는 금속 공급원을 포함하며, 이에 한정되지는 않는다. 본 발명의 설명은 소모성 전극에 관한 것이나, 이것은 단지 예시적일 뿐이고 어떠한 방식으로도 본 발명을 제한하려는 의도는 없다. 청정 금속(46)은 일렉트로슬래그 정련 장치(1) 밑에 장착되는 냉간 노상 구조체(40)(cold hearth structure)내에 수용되고 유지된다. 청정 금속은 냉간 노상 구조체(40)로부터 냉간 노상 구조체(40) 밑에 장착되고 배치된 냉각 평거 오리피스 구조체(80)(cold finger orifice structure)를 통해 분배된다.
- <31> 금속의 일렉트로슬래그 정련 속도와 냉간 노상 구조체(40)로 정련된 금속을 이송하는 속도가 용융된 금속(46)이 냉간 노상 구조체(40)로부터 냉간 평거 오리피스 구조체(80)의 오리피스(81)를 통해 배출되는 속도에 근접하면, 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)은 청정 금속(46)의 공급에 있어서 대체로 정상 상태 작동을 제공할 수 있다. 따라서, 주조 방법은 오랜 기간 동안 연속하여 작동할 수 있으므로, 대용량의 금속을 주조할 수 있다. 변형예로서, 주조 방법은 주조 장치(3)의 특징부 중 하나 또는 그 이상의 단속적 작동에 의해 단속적으로 작동될 수 있다.
- <32> 일단 청정 금속(46)이 냉간 평거 오리피스 구조체(80)를 통해 스트립(56)으로서 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 빠져나가면, 핵생성 주조 시스템(2)내로 주물(145)을 성형하기 위해 유입된다. 주물(145)은 비교적 대용량의 정련된 금속의 주물을 생성하도록 처리될 수 있다. 변형예로서, 주물(145)은 소형 주물, 잉곳 및 물품을 생산하기 위해 가공될 수도 있으며, 연속적으로 주조된 주물로 성형될 수도 있다. 본 발명에 따른 실시예의 주조 방법은, 소망의 일련의 재료적 특징과 특성을 갖는 금속 주물을 생산하기 위해 지금까지 필요했던 상기 언급된 바와 같은 다수의 가공 작업을 효과적으로 제거한다.
- <33> 도 1은 고체 금속 입자(210)를 주물(145)의 액체 부분(148)내로 도입시키는 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)을 일반적으로 도시한다. 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 고체 금속 입자의 공급원(201)과 고체 금속 입자를 형성하기 위해 공급원(201)으로부터 분산 시스템(204)으로 금속을 이송할 수 있는 도관(202)을 포함한다. 고체

금속 입자의 공급원(201)은 고체 금속 입자(210)를 액체 부분(148)에 첨가할 수 있는 임의의 적절한 공급원을 포함할 수도 있다. 본 발명을 제한하지 않는 방식으로 예를 들면, 고체 금속 입자 공급원(201)은 고체 금속 분말을 생산하는 분무화 시스템(atomizing system), 적절한 장치에 의해 액체 부분(148)에 첨가될 수 있는 고체 금속 입자를 포함하는 리셉터클(receptacle) 및 고체 금속 입자 첨가 시스템을 구비할 수 있다. 이 후에 설명되는 바와 같이, 분산 시스템(204)은 고체 금속 입자(210)가 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)을 빠져나와 주물(145)의 액체 부분(148)으로 이송되게 한다. 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 도 5 및 도 6을 참조하여 이후에 보다 상세하게 설명될 것이다.

<34> 도 1에 있어서, 수직 동작 제어 장치(10)가 개략적으로 도시되어 있다. 수직 동작 제어 장치(10)는 모터 또는 다른 기구와 같은 동력 장치(도시되지 않음)를 구비하는 수직 지지부(14)에 장착된 박스(12)를 포함한다. 동력 장치는 스크루 부재(16)에 회전 동작을 부여하기에 적합하다. 잉곳 지지 구조체(20)는 일 단부에서 스크루 부재(16)에 나사로 죄어 결합되는 부재(22)를 포함하며, 이에 한정되지는 않는다. 부재(22)는 볼트(26)(이에 한정되지 않음)와 같은 적절한 연결구에 의해 그 다른 쪽 단부에서 소모성 전극(24)을 지지한다.

<35> 일렉트로슬래그 정련 구조체(30)는 물(이에 한정되지 않음)과 같은 적절한 냉각제의 의해 냉각되는 저장고(32)를 포함한다. 저장고(32)는 용융 슬래그(34)를 포함하며, 슬래그(34)의 초과분은 슬래그 미립자(36)로서 도시되어 있다. 주조 방법에 사용되는 슬래그 조성은 처리되는 금속에 따라 변한다. 이 후 설명될 바와 같이, 내측 벽(82)의 외부로 유동하는 냉각제의 냉각 영향으로 인해, 슬래그 스컬(slag skull)(75)이 저장고(32)의 내측 벽(82)의 내부 표면을 따라 형성될 수 있다.

<36> 냉간 노상 구조체(40)(도 1 내지 도 3에 도시됨)는 일렉트로슬래그 정련 구조체(30) 밑에 장착된다. 냉간 노상 구조체(40)는 물과 같은 적절한 냉각제에 의해 냉각되는 노상(42)을 포함한다. 노상(42)은 응고된 정련 금속의 스컬(44)과 정련된 액체 금속 본체(46)를 내포한다. 저장고(32)는 노상(42)과 일체로 형성될 수도 있다. 변형 예로서, 저장고(32)와 노상(42)은 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 형성하도록 연결되는 분리 가능한 유닛으로서 형성될 수도 있다. 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)의 하부 오리피스(81)가 냉간 평거 오리피스 구조체(80)에 제공되며, 도 3 및 도 4를 참조하여 설명된다. 본질적으로 산화물, 황화물 및 다른 불순물이 없도록 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)에 의해 정련된 청정 금속(46)은 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 통과하여 냉간 평거 오리피스 구조체(8)의 오리피스(81) 밖으로 유동할 수 있다.

<37> 파워 서플라이 구조체(70)는 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)에 전기 정련 전류를 공급할 수 있다. 파워 서플라이 구조체(70)는 전기 파워 서플라이 및 제어 기구(74)를 포함할 수 있다. 부재(22)에 전류를 흐르게 할 수 있고, 이 후 소모성 전극(24)에 전류를 흐르게 할 수 있는 전기 도체(76)는 파워 서플라이 구조체(70)를 부재(22)에 연결한다. 도체(78)는 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)의 파워 서플라이 구조체(70)에 대한 회로를 완성하기 위해 저장고(32)에 연결된다.

<38> 도 2는 일렉트로슬래그 정련 구조체(30)가 저장고(32)의 상부를 규정하고 냉간 노상 구조체(40)가 저장고(32)의 하부를 규정하는 일렉트로슬래그 정련 구조체(30)와 냉간 노상 구조체(40)의 상세한 부분 단면도이다. 저장고(32)는 일반적으로 내측 벽(82)과 외측 벽(84)을 구비하는 이중벽(double-walled)의 저장고로 이루어져 있다. 물(이에 한정되지 않음)과 같은 냉각제(86)가 내측 벽(82)과 외측 벽(84) 사이에 제공된다. 냉각제(86)는 공급원(98)(도 3에 도시됨)으로부터 내측 벽(82)과 외측 벽(84) 사이에 규정된 유동 채널로 또한 유동 채널을 통하여 통상적인 입구와 출구(도시되지 않음)를 통하여 유동할 수 있다. 냉간 노상 구조체(40)의 벽(82)을 냉각하는 냉각수(86)는 냉간 노상 구조체(40)의 내측 표면상에 스컬(44)이 형성되도록 일렉트로슬래그 정련 구조체(30)와 냉간 노상 구조체(40)에 냉각을 제공한다. 냉각제(86)가 일렉트로슬래그 정련 시스템(1), 주조 장치(3), 또는 일렉트로슬래그 정련 구조체(30)의 작동에 필수적이지는 않다. 냉각은 액체 금속(46)이 내측 벽(82)에 접촉하지 않고 내측 벽을 손상을 입히지 않게 하여 벽(82)으로부터 액체 금속을 약간 분리시킬 수 있고 액체 금속(46)의 오염을 방지할 수 있다.

<39> 도 2에 있어서, 냉간 노상 구조체(40)는 또한 플랜지이음된 관상 섹션(90, 92)(tubular section)을 구비할 수 있는 외측 벽(88)을 포함한다. 두 개의 플랜지이음된 관상 섹션(90, 92)이 도 2의 하부에 도시되어 있다. 외측 벽(88)은 이후 설명되는 제어된 분위기 환경(140)을 형성하도록 핵생성 주조 시스템(2)과 협동한다. 냉간 노상 구조체(40)는 도 3 및 도 4에 상세히 도시된 냉간 평거 오리피스(80)를 포함한다. 냉간 평거 오리피스 구조체(80)는 냉간 노상 구조체(40)와 냉간 평거 오리피스 구조체(80)를 통하여 냉간 노상 구조체(40)로부터 유출되는 액체 금속의 스트림과 관련되어 도 3에 도시되어 있다. 냉간 평거 오리피스 구조체(80)는 고체 금속 스컬(44) 및 액체 금속(46)과 구조적으로 협동하는 상태로 도시되어 있다(도 2 및 도 3에 도시됨). 도 4는 액체 금

속 또는 고체 금속 스컬이 없는 냉간 평거 오리피스 구조체(80)를 도시하며, 냉간 평거 오리피스 구조체(80)의 세부사항도 도시되어 있다.

<40> 냉간 평거 오리피스 구조체(80)는 가공된 용융 금속(46)이 스트립(56)의 형태로 유동할 수 있는 오리피스(81)를 포함한다. 냉간 평거 오리피스 구조체(80)는 냉간 노상 구조체(40)에 연결된다. 그러므로, 냉간 노상 구조체(40)는 처리되고 일반적으로 불순물이 없는 합금이 냉간 노상 구조체의 벽에 접촉함으로써 스컬(44, 83)을 형성하게 한다. 따라서 스컬(44, 83)(도 3에 도시됨)은 용융 금속(46)에 대한 용기로서 작용한다. 또한, 냉간 평거 오리피스 구조체(80)에서 형성된 스컬(83)(도 3에 도시됨)은 그 두께가 제어가능하고, 전형적으로 스컬(44)보다 작은 두께로 형성된다. 두꺼운 스컬(44)은 냉간 노상 구조체(40)와 접촉하고 얇은 스컬(83)은 냉간 평거 오리피스 구조체(80)와 접촉하며, 스컬(44, 83)은 본질적으로 연속적인 스컬을 형성하도록 서로 접촉된다.

<41> 제어된 열량이 스컬(83)에 제공될 수 있으며 액체 금속 본체(46)에 열적으로 전달될 수 있다. 냉간 노상 구조체 주위에 배치된 유도 가열 코일(induction heating coil)(85)로부터 열이 제공된다. 유도 가열 코일(85)은 물과 같은 적절한 냉각제를 공급원(87)으로부터 코일내로 유동시킴으로써 냉각되는 유동 가열 코일을 포함할 수 있다. 유도 가열 동력은 도 3에 개략적으로 도시된 동력 공급원(89)으로부터 공급된다. 냉간 평거 오리피스 구조체(80)의 구성이 유도 에너지에 의한 열이 냉간 평거 오리피스 구조체(80)를 관통하여 액체 금속(46)과 스컬(83)을 가열하고 오리피스(81)를 개방되게 유지하여 스트립(56)이 오리피스(81) 밖으로 유동하도록 한다. 가열력이 냉간 평거 오리피스 구조체(80)에 가해지지 않는다면 오리피스는 액체 금속(46)의 스트립(56)의 응고에 의해 폐쇄될 수 있다. 가열은 인접한 평거로부터 단열되는(예를 들면, 공기 또는 가스 캡에 의해 또는 적절한 단열 재료에 의해 단열됨) 냉간 평거 오리피스 구조체(80)의 평거의 각각에 의존한다.

<42> 냉간 평거 오리피스 구조체(80)가 도 4에 도시되어 있으며, 두 개의 스컬(44, 83) 및 용융 금속(46)은 명료성을 위해 생략된다. 개개의 냉간 평거(97)는 인접한 평거[평거(92)]와 캡(94)에 의해 분리된다. 캡(94)은 세라믹 재료 또는 단열 가스(이에 한정되지 않음)와 같은 단열 재료로 제공되고 채워질 수 있다. 따라서, 스컬(83)이 냉간 평거에 걸쳐 브리지(bridge)를 형성하고 그를 통하는 액체 금속(46)의 통과를 방지하기 때문에, 냉간 평거 오리피스 구조체(80)내에 배치된 용융 금속(46)(도시되지 않음)은 캡을 통해 누설되지 않는다. 각각의 캡은 도 4에 도시된 바와 같이 냉간 평거 오리피스 구조체(80)의 하부로 연장되며, 캡(99)이 관찰자의 조준선과 정렬됨을 도시하고 있다. 캡은 약 20mil 내지 50mil의 범위의 폭으로 제공될 수 있으며, 이것은 각각의 인접한 평거를 단열적으로 분리시키기에 충분하다.

<43> 도판(96)내로 적절한 냉각제 공급원(도시되지 않음)으로부터 냉각제를 통과시킴으로써, 개개의 평거에 물과 같은 냉각제가 공급될 수 있다. 그 후 냉각제는 냉각 튜브(100)와 같은 개개의 냉각 튜브로 매니폴드(manifold)(98) 주위로 또한 매니폴드를 통하여 통과된다. 냉각 튜브(100)를 유출하는 냉각제는 냉각 튜브(100)의 외부 표면과 평거의 내부 표면 사이로 유동한다. 그 후 냉각제는 매니폴드(102)에 모이고, 급수 출구튜브(104)를 통하여 냉간 평거 오리피스 구조체(80) 밖으로 통과한다. 이러한 개개의 냉간 평거 냉각수 공급 튜브 설비가 전체적으로 냉간 평거 오리피스 구조체(80)의 냉각을 가능하게 한다.

<44> 액체 금속(46)뿐만 아니라 스컬(44, 83)로 냉간 평거 오리피스 구조체(80)를 통하여 제공되는 소정량의 가열 또는 냉각이 액체 금속(46)의 통과를 오리피스(81)를 통하여 스트립(56)으로서 제어하도록 제어될 수 있다. 냉간 평거 오리피스 구조체(80)를 통하여 유동 코일(85)내에 통과하는 전류 및 냉각제의 양을 제어함으로써 가열 또는 냉각이 제어된다. 제어된 가열 또는 냉각이 스컬(44, 83)의 두께를 증가시키거나 감소시켜, 오리피스(81)를 개방하거나 폐쇄하고, 또는 오리피스(81)를 통하여 스트립(56)의 통과를 감소시키거나 증가시킨다. 스컬(44, 83)의 두께를 증가시키거나 감소시킴으로써 스트립(56)을 규정하기 위해 다소간의 액체 금속(46)이 냉간 평거 오리피스 구조체(80)를 통하여 오리피스(81)내로 통과한다. 스컬(44, 83)의 두께를 제어하는 것과 함께 설정된 통과 크기로 오리피스(81)를 유지하기 위해 냉각수와 가열 전류와 유동 가열 코일(85)을 통과하는 가열 전류와 전력을 제어함으로써, 스트립(56)의 유동이 바람직한 균형에서 유지될 수 있다.

<45> 주조 장치(3)의 일렉트로슬래그 정련 시스템(10)의 작동은 도면을 참조하여 일반적으로 설명될 것이다. 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)은 결합과 불순물을 포함할 수 있거나 상대적으로 정련될 수 있는 잉곳을 정련할 수 있다. 소모성 전극(24)이 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)에 의해 용융된다. 소모성 전극(24)은 일렉트로슬래그 정련 시스템내에 장착되어 일렉트로슬래그 정련 시스템내의 용융 슬래그와 접촉한다. 전력이 일렉트로슬래그 정련 시스템과 잉곳에 제공된다. 전력은 용융 슬래그와 금속의 용융된 액적과 접촉하는 표면에서 잉곳의 용융을 발생시킨다. 용융된 액적은 용융 슬래그를 통하여 낙하한다. 액적은 용융 슬래그를 통과한 후 정련된 액체 금속의 본체로서 일렉트로슬래그 정련 구조체(30) 밑의 냉간 노상 구조체(40)내에 수집된다. 액적이 잉곳의 표

면에서 형성되고 용융된 슬래그를 통하여 통과할 때 소모성 전극에서 유발되는 산화물, 황화물, 오염물 및 다른 불순물이 제거된다. 용융된 액체는 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)으로부터 냉간 평거 오리피스 구조체(80)내의 오리피스(81)에서 스트림(56)으로서 배출된다. 주물을 성형하는 주조 장치(3)의 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 유출하는 스트림(56)은 본질적으로 산화물, 황화물, 오염물 및 다른 불순물이 없는 정련된 금속을 포함한다.

<46> 금속 스트림(56)이 냉간 평거 오리피스 구조체(80)를 빠져나가는 속도는 오리피스(81) 위로 액체 금속(46)의 정수두(hydrostatic head)를 제어함으로써 보다 잘 제어될 수 있다. 냉간 평거 오리피스 구조체(80)의 오리피스(81) 위로 연장되는 액체 금속(46)과 슬래그(44, 83)는 정수두를 규정한다. 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 갖는 주조 장치(3)가 소정의 균일한 정수두와 균일한 크기의 오리피스(81)와 함께 작동된다면, 본질적으로 균일한 액체 금속의 유동 비율이 확립될 수 있다.

<47> 전형적으로, 용융 속도가 주조 장치(3)로부터의 제거 속도와 대체로 동등하도록 정상 상태의 전력이 바람직하다. 그러나, 주조 장치(3)에 가해진 전류는 오리피스(81) 위로 다소간의 액체 금속(46)과 슬래그(44, 83)를 제공하도록 조정될 수 있다. 오리피스(81) 위의 액체 금속(46)과 슬래그(44, 83)의 양은 잉곳을 용융시키는 전력과, 스컬을 생성하는 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)의 냉각에 의해 결정된다. 가해진 전류를 조정함으로써, 오리피스(81)를 통과하는 유동이 제어된다.

<48> 또한, 정상 상태의 작동을 확립하기 위해 소모성 전극(24)을 용융 슬래그(34)의 상부와 접촉시키는 것이 유지될 수 있다. 정상 상태 작동을 위해 소모성 전극(24)이 용융 슬래그(34)의 상부 표면과 접촉하는 것이 유지되는 것을 확실히 하도록 용융액(46)으로의 소모성 전극(24)의 하강 비율이 조정될 수 있다. 따라서, 스트림(56)으로부터 정상 상태의 방출이 주조 장치(3)에서 유지될 수 있다. 주조 장치(3)의 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)내에 형성된 스트림(56)은 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 빠져나와 핵생성 주조 시스템(2)으로 이송된다. 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)과 협동하는 핵생성 주조 시스템(2)이 도 1에 개략적으로 도시되어 있다.

<49> 핵생성 주조 시스템(2)은 주조 장치(3)의 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)으로부터 스트림(56)을 수용한다. 스트림(56)은 실질적이고 바람직하지 않은 재료의 산화를 방지하기에 충분한 제어된 분위기 환경(140)내에서 이송될 수 있다. 제어된 분위기 환경(140)은 스트림(56)의 금속과 반응하지 않는 임의의 가스 또는 가스의 조합을 구비할 수 있다. 예를 들면, 스트림(56)이 알루미늄 또는 마그네슘을 포함한다면, 제어된 분위기 환경(140)은 금속이 불붙는 것을 방지하는 환경을 제공한다. 전형적으로, 임의의 불활성 가스 또는 질소가 제어된 분위기 환경(140)에 사용되기에 적합하며 그 이유는 이러한 가스가 일반적으로 본 발명의 범위내의 대부분의 금속 및 합금과 반응하지 않기 때문이다. 예를 들면, 저비용의 가스인 질소는, 과도한 질화를 일으키기 쉬운 금속과 합금을 제외하면 제어된 분위기 환경(140)에 포함될 수 있다. 또한, 금속이 구리를 포함한다면, 제어된 분위기 환경(140)은 질소, 아르곤, 및 그 혼합물을 포함할 수 있다. 금속이 니켈 또는 강을 포함한다면, 제어된 분위기 환경(140)은 질소 또는 아르곤, 또는 그 혼합물을 포함할 수 있다.

<50> 스트림(56)은 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)의 하부와 금형(146)에 의해 지지되는 금속 주물(145)의 상부 표면(150) 사이의 거리로 규정되는 냉각 영역(144)을 통과한다. 냉각 영역(144) 길이는 스트림(56)이 냉각 영역(144)을 통과하고 금속 주물의 상부 표면(150)과 충돌할 때까지, 스트림(56)의 체적 분율 부분(volume fraction portion)을 응고시킬 수 있는 충분한 길이다. 스트림(56) 중 응고되는 부분(이후 "고체 체적 분율 부분"이라고 함)은 금형 내의 액체 유동 특성이 대체로 사라지는 점성 변곡점까지 금형(146)내의 거친 수지상 성장을 억제하기에 충분할 수 있다.

<51> 또한, 금형(146)은 도 1에 파선으로 도시된 바와 같이 단일의 일체형 금형을 포함한다. 변형예로서, 금형은 금형(146)의 측벽으로부터 후퇴될 수 있는 인입식 기부(retractable base)(246)를 구비하는 후퇴형 금형(withdrawal mold)을 포함할 수 있다. 본 발명의 하기의 설명은 후퇴형 금형에 대해 예시적이고 제한되지 않는 금형으로서 논의할 것이며, 어떠한 방식으로도 본 발명을 제한하려는 의도는 없다. 인입식 기부(246)는 기부를 화살표(242)의 방향으로 측벽으로부터 멀어지게 이동시키도록 샤프트(241)에 연결될 수 있다. 또한, 이후에 설명될 바와 같이 샤프트(241)는 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)에 액체 부분(148)의 표면 부분을 제공하기 위해 화살표(243)의 방향으로 인입식 기부(246)를 회전시킬 수 있다.

<52> 스트림(56)은 금형(146)내에 공급되고 수집된다. 고체 체적 분율 부분이 점성 변곡점보다 작다면 액체 스트림(56)은 주로 액체로서 작용하며, 액체는 금형의 형태와 일치하도록 충분한 유동성을 나타낸다. 일반적으로, 점성 변곡점을 규정하는 상부 고체 체적 분율 부분 한계는 약 40체적%보다 작다. 예시적인 고체 체적 분율 부분은 약 5체적% 내지 약 40체적%의 범위에 있으며, 약 15체적% 내지 약 30체적% 범위의 고체 체적 분율 부분은 점

성 변곡점에 약영향을 주지 않는다.

- <53> 스트립(56)은 금형(146)내의 주물의 표면(150)에서 액체 부분(148)내에 난류 영역을 생성한다. 액체 부분(148)은 금형내에 약 0.005인치 내지 약 1.0인치 범위에서 대략적인 깊이를 가질 수 있다. 액체 부분(148)의 깊이는 유동 점성, 냉각 영역(144) 깊이, 유동 온도 및 액적 크기(이에 한정되지 않음)를 비롯한 주조 장치(3) 인자에 의존한다. 본 발명의 범위내의 예시적 액체 부분(148)은 금형내에 약 0.25 인치 내지 약 0.50 인치의 깊이를 포함한다. 일반적으로, 금형(146)내의 액체 부분(148)은 금속이 현 저하게 액체 특성을 나타내는 주물(145)의 영역보다 크지 않아야 한다.
- <54> 전술한 바와 같이, 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 고체 금속 입자를 주물(145)의 액체 부분(148)의 표면에 첨가한다. 고체 금속 입자(210)는 금속 분말로 형성될 수 있으며, 금속의 응고에 대해 핵으로서 작용한다. 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 주조 장치(3)에 추가될 수 있는 고체 금속 입자(210)의 공급원(201)을 포함한다. 또한, 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 제어된 분위기 환경(140)에서 고체 금속 입자(210)를 주물(145)의 액체 부분(148)에 첨가한다. 도 5 및 도 6을 참조하여 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)의 예시적이고 제한되지 않는 형태가 설명될 것이다. 본 발명을 제한하지 않는 방식으로 예를 들면, 고체 금속 입자(210)를 제어된 분위기 환경(140)의 외부로부터 제어된 분위기 환경(140)의 내부로 전달하기 위해 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 제어된 분위기 환경(140)내에 완전하게 또는 제어된 분위기 환경(140)내에 부분적으로 위치할 수 있다. 도 5 및 도 6은 도시의 용이성을 위해 폐쇄되게 제어된 분위기 환경(140)을 도시하지 않는다.
- <55> 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 고체 금속 입자(210)를 주물(145)의 액체 부분(148)에 첨가하며, 고체 금속 입자(210)는 액체 금속의 응고에 대한 핵으로서 작용한다. 고체 금속 입자(210)는 임의의 적절한 공급원(201)으로부터 형성될 수 있다. 공급원(201)은 제어된 분위기 환경(140)내에 또는 제어된 분위기 환경(140) 외부에 위치할 수 있으며 고체 금속 입자(210)가 주물(145)의 액체 부분(148)에 첨가되도록 제어된 분위기 환경(140)과 연동될 수 있다.
- <56> 전술한 바와 같이, 공급원(201)은 고체 금속 입자(210)를 액체 부분(148)에 첨가할 수 있는 임의의 적절한 공급원을 포함할 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이 예를 들면, 고체 금속 입자 공급원(201)은 고체 금속 입자(210)를 제공하는 분무화 시스템(250)(도 5에 도시됨)을 포함할 수 있다. 도시된 분무화 시스템(250)은 당해 분야에 공지된 바와 같이 고체 금속 입자(210)를 생산할 수 있는 임의의 분무화 시스템의 예가 된다. 도 5에 있어서, 분무화 시스템(250)은 고체 금속 입자를 액체 부분(148)에 분산시키는 분열 장치(252)를 포함한다. 분열 장치(252)는 적어도 하나의 가스 제트 오리피스(251)를 구비한다. 제트 오리피스(251)는 도관(202)을 통해 공급원(201)으로부터 분열 사이트(252)에 제공된 금속에 가스 제트를 제공할 수 있다. 따라서, 분무화 시스템(250)은 주물(145)의 액체 부분(148)에 이송되는 고체 금속 입자(210)를 생성할 수 있다.
- <57> 변형예로서, 공급원(201)은 리셉터클에 기초한 고체 금속 입자 첨가 시스템(260)을 포함할 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 리셉터클에 기초한 고체 금속 입자 첨가 시스템(260)에서는, 리셉터클(261)이 고체 금속 입자(210)의 공급원을 구비한다. 리셉터클(261)내의 고체 금속 입자(210)는 도관(202)을 통해 주물(145)의 액체 부분(148)에 제공될 수 있으며, 고체 금속 입자(210)는 액체 부분(148)의 표면에 걸쳐 분산되게 된다. 리셉터클(261)은 임의의 적절한 방식으로 보충되는 고체 금속 입자 공급원을 갖는다. 리셉터클에 기초한 고체 금속 입자 첨가 시스템(260)내의 고체 금속 입자(210)는 도관(202)을 빠져나감으로써 액체 부분(148)의 표면(150)에 걸쳐 분산될 수 있다. 변형예로서, 리셉터클에 기초한 고체 금속 입자 첨가 시스템(260)은 액체 부분(148)의 표면에 걸쳐 고체 금속 입자(210)를 더욱 분산시키기 위해 분산 보조 시스템을 구비할 수 있다. 본 발명을 제한하지 않는 방식으로 예를 들면, 도관으로부터 주물(145)의 액체 부분(148)에 걸쳐 고체 금속 입자(210)를 분산시키기 위해 분산 보조 시스템은 적어도 하나의 진동 분산 보조 장치, 가스 제트 보조 장치, 자기 분산 보조 장치, 요동 분산 보조 장치 등을 구비할 수 있다.
- <58> 고체 금속 입자(210)의 공급원(201)의 특성에 관계없이, 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 액체 부분(148)의 표면에 걸쳐 고체 금속 입자(210)의 분산을 용이하게 하는 다양한 형태를 포함할 수 있다. 예를 들면, 고체 금속 입자에 대한 공급원(201)은 회전하는 공급원으로서 제공될 수도 있다. 회전하는 공급원은, 예를 들면 화살표(270)의 방향으로 주조 장치(3) 주위로 회전할 것이다. 따라서, 고체 금속 입자(210)는 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)을 빠져나가서 주물(145)의 액체 부분(148)의 대부분에 걸쳐 지향되고 분산될 수 있다. 변형예로서, 고체 금속 입자가 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)을 빠져나가 액체 부분(148)으로 지향될 때 본질적으로 고체 금속 입자의 분산을 제공하기 위해 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 아치형 형상(280)으로 제공될 수 있다.

- <59> 또한, 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 액체 부분(148)에 고체 금속 입자를 제공하는 다수의 공급원을 구비 할 수 있다. 변형예로서, 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)은 주조 장치(3) 주위의 위치로 연장되는 다수의 도관(202)을 구비할 수 있으며, 도관(202)은 주물(145)의 액체 부분(148)에 고체 금속 입자(210)를 제공한다. 본 발명의 실시예에 따르면, 도관에 고체 금속 입자를 분산시키기 위해 임의의 분산 보조 시스템이 제공될 수 있다.
- <60> 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)과 주조 장치(3)에 대한 상기 특징이 개별적으로 사용될 수 있다. 변형예로서, 고체 금속 입자 첨가 시스템(200)과 주조 장치(3)에 대한 상기 특징은 고체 금속 입자(210)가 재료의 응고에 대한 핵으로서 작용하는 액체 부분(148)에의 고체 금속 입자(210) 분산을 보다 향상시키기 위해 서로 조합되어 사용될 수 있다.
- <61> 전형적으로, 스트립(56)과 고체 금속 입자가 금형에 유입될 때 액체 부분(148)에서의 저 점성은 주물내의 가스 함유 및 그에 따른 기공(pore)을 최소화한다. 액체 부분(148)내에서 고체인 고체 체적 분율 부분이 약 50체적% 보다 작다면, 주물내의 가스 함유는 최소화된다. 예를 들면, 고체 체적 분율 부분이 약 5체적% 내지 약 40체적%의 범위에 있다면, 주물 내의 가스 함유는 최소화된다.
- <62> 금형(146)은 금형(146) 벽을 통하는 열전도에 의해 또한 주물의 상부 표면(150)의 대류에 의해 주물로부터 열을 추출한다. 액체 부분(148)은 액체 부분(148)에서의 본래의 난류 성질에 의해 주물의 열 구배를 감소시킨다. 고체 금속 입자의 첨가로부터 향상된 핵생성과 결합된 열 구배의 감소는 주물에 있어서 바람직하지 않은 주물의 열간 균열(hot tear)과 수지상의 거친면을 감소시킨다.
- <63> 응고를 완료하고 주물을 성형하기 위해 주물(145)로부터 열이 추출된다. 충분한 핵이 주물(145)에 형성될 수 있으며 응고시 주물(145)과 최종 물품내에 미세한 균등분할된(equiaxed) 미세조직(149)이 형성될 수 있게 한다. 본 발명의 실시예에 따르면, 다공성 및 그 내의 고온 가공 균열이 감소되거나 실질적으로 제거된다.
- <64> 금형(146)은 흑연, 주철, 및 구리(이에 한정되지 않음)와 같이 주물 용도로 임의의 적절한 재료로 성형될 수 있다. 흑연이 가공하기에 상대적으로 용이하고 열 제거 목적에 대해 만족할만한 열 전도성을 나타내므로 적절한 금형(146)이 된다. 냉각제를 순환시키기 위해 금형내에 삽입된 냉각 코일은 금형(146)을 통한 열의 제거를 향상시킬 수 있다. 본 발명의 범위는 당해 분야에 공지된 바와 같은 금형을 냉각하는 다양한 수단을 포함한다. 반고체 금속이 이미 부분적으로 응고될 수 있으므로 금형(146)은 종래의 금형에서와 같은 열적 보호장치를 필요로 하지 않을 수 있다. 따라서, 액체 금속으로부터 전체적으로 성형되는 종래의 주물과 비교해 볼 때, 일부 열은 이미 부분적으로 응고되는 반고체 금속으로부터 제거되며, 반고체 금속이 금형내에 있을 때 잔류 열이 제거될 필요가 있다. 감소된 열 제거가 열적으로 유발된 금형(146)의 비틀림을 감소시킬 수 있으며, 이것이 주조 균일성과 균질성을 향상시키기 위해 주물로부터의 균일한 열 제거 비율을 만들 수 있다.
- <65> 금형(146)이 금속으로 채워질 때, 그 상부 표면(150)은 분열 사이트(134)에 보다 근접하게 되고, 냉각 영역(144)이 감소된다. 적어도 하나의 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)과 금형(146)이 이동 가능한 지지부에 장착될 수 있고 불변의 냉각 영역(144) 치수를 유지하기 위해 고정된 비율로 분리될 수 있다. 따라서, 금속내에 대체로 일관된 고체 체적 분율 부분이 형성된다. 제어된 분위기 환경(140)을 일렉트로슬래그 정련 시스템(10)으로부터 금형(146)까지 연장하기 위해 배플(baffle)(152)이 핵생성 주조 시스템(2)에 제공될 수 있다. 배플(152)은 부분적으로 용융된 금속의 산화를 방지하고 제어된 분위기 환경 가스(140)를 보존한다.
- <66> 주조 장치(3)는 바람직하지 않은 수지상 성장을 억제하고, 성형된 주물의 응고 수축 다공성을 감소시키며, 주조 동안 및 그 후의 주물에 대한 고온 가공 동안의 열간 균열을 감소시킨다. 또한, 주조 장치(3)는, 주조와, 주조 도중의 최소한의 비틀림과, 금형내의 주물의 응고 도중의 제어된 열전달과, 제어된 핵생성의 결과인 균일한 균등분할된 조직을 생산한다. 주조 장치(3)는 종래의 주물과 비교해 볼 때 주물의 연성과 파단 인성을 향상시킨다.
- <67> 고체 금속 입자 첨가 시스템을 갖는 다른 하나의 주조 장치가 도 7에 도시되어 있으며, 상기 설명된 주조 장치에 사용된 동일한 참조 번호가 본 발명의 동일한 형상부에 부여된다. 도 7에 있어서, 이후 논의될 바와 같이 분말이 분열 사이트(134)에 의해 형성되는 분무(138)에 첨가된다. 도 7에 도시된 바와 같이, 고체 금속 입자 첨가 시스템(300)은 분열 사이트(134)에서 분무(138)내에 고체 금속 입자를 도입시키는 고체 금속 입자 첨가 시스템(300)을 포함한다. 고체 금속 입자 첨가 시스템(300)은 고체 금속 입자의 공급원(301)과 공급원(301)으로부터 고체 금속 입자를 형성하는 분산 시스템(304)에 금속을 이송할 수 있는 도관(302)을 포함한다. 고체 금속 입자의 공급원(301)은 고체 금속 입자(310)를 첨가할 수 있는 임의의 적절한 공급원을 포함할 수 있다. 본 발

명을 제한하지 않는 방식으로 예를 들면, 고체 금속 입자 공급원(301)은 고체 금속 분말을 생산하는 분무화 시스템과, 임의의 적절한 장치에 의해 공급될 수 있는 고체 금속 입자를 포함하는 리셉터클과, 다른 고체 금속 입자 첨가 시스템을 구비할 수 있다. 분산 시스템(304)은 고체 금속 입자(310)가 고체 금속 입자 첨가 시스템(300)을 빠져나가게 한다.

<68> 분열 사이트(134)는 일레트로슬래그 정련 시스템(1)으로부터 스트림(56)을 수용하도록 위치된다. 분열 사이트(134)는 스트림(56)을 다수의 용융된 금속 액적(138)으로 변환한다. 스트림(56)은 실질적이고 바람직하지 않은 액적(138)의 산화를 방지하기에 충분한 제어된 분위기 환경(140)내의 분열 사이트(134)에 이송된다. 제어된 분위기 환경(140)은 스트림(56)의 금속과 반응하지 않는 임의의 가스 또는 가스 혼합물을 구비할 수 있다. 예를 들면, 스트림(56)이 알루미늄 또는 마그네슘을 포함한다면, 제어된 분위기 환경(140)은 액적이 불붙는 것을 방지하는 환경을 실현한다. 전형적으로, 임의의 불활성 가스 또는 질소가 일반적으로 본 발명의 범위내의 대부분의 금속 및 합금과 반응하지 않으므로 제어된 분위기 환경(140)내에 사용되기에 적합하다. 예를 들면, 저비용의 가스인 질소가 과도한 질화를 일으키기 쉬운 금속 및 합금을 제외하면 제어된 분위기 환경(140)에 사용될 수 있다. 또한, 금속이 구리를 포함한다면, 제어된 분위기 환경(140)은 질소, 아르곤 및 그 혼합물을 포함할 수 있다. 금속이 니켈 또는 강을 포함한다면, 제어된 분위기 환경은 질소 또는 아르곤, 또는 그 혼합물을 포함할 수 있다.

<69> 분열 사이트(134)는 스트림(56)을 액적(138)으로 변환시키는 임의의 적절한 장치를 포함할 수 있다. 예를 들면, 분열 사이트(134)는 스트림(56)에 하나 또는 그 이상의 제트(142)를 외접시키는 가스 분무화기를 포함할 수 있다. 스트림상에 충돌하는 제트(142)로부터의 가스의 유동이 제어될 수 있으며, 액적(138)의 크기와 속도가 제어될 수 있게 한다. 본 발명의 범위내의 다른 하나의 분무화 장치는 제어된 분위기 환경(140)을 형성하도록 사용되는 가스 스트림의 형태의 고압 분무화 가스를 구비한다. 제어된 분위기 환경(140) 가스의 스트림은 금속 스트림(56)을 액적(138)으로 전환시키기 위해 금속 스트림(56)에 충돌할 수 있다. 다른 형태의 가스 분열은, 전기장에 수직인 자석을 갖는 직류 파워 서플라이(DC power supply)에 연결되는 두 개의 전극 사이의 좁은 갭을 통해 스트림(56)이 유동하는 자기-유체역학적 분무(magneto-hydrodynamic atomization) 및 기계형 스트림 분열 장치를 구비한다.

<70> 액적(138)은 대체로 발산하는 원추형을 형성하도록 분열 사이트(134)로부터 아래로 확산된다(도 7에 도시됨). 액적(138)은 분열 사이트(134)와 금형(146)에 의해 지지되는 금속 주물의 상부 표면(150) 사이의 거리에 의해 규정되는 냉각 영역(144)을 통과한다. 냉각 영역(144) 깊이는 액적이 냉각 영역(144)을 통과하고 금속 주물의 상부 표면(150)과 충돌할 때까지 액적의 체적 분율 부분을 응고시키기에 충분하다. 액적(138)의 응고되는 부분(이후 "고체 체적 분율 부분"으로 지칭됨)은 금형 내의 액체 유동 특성이 대체로 사라지는 점성 변곡점까지 금형(146)내의 거친 수지상 성장을 억제하기에 충분할 수 있다.

<71> 부분적으로 용융되고 부분적으로 응고된 금속 액적(이후 "반고체 액적"으로 지칭됨)은 금형(146)에 수집된다. 고체 체적 분율 부분이 점성 변곡점보다 작다면 반고체 액적은 액체와 유사하게 행동하며, 반고체 액적은 금형의 형태와 일치하기에 충분한 유동성을 나타낸다. 일반적으로, 점성 변곡점을 규정하는 상부 고체 체적 분율 한계는 약 40체적%보다 작다. 예시적인 고체 체적 분율 부분은 약 5체적% 내지 약 40체적%의 범위에 있으며, 약 15체적% 내지 약 30체적% 범위의 고체 체적 분율 부분은 점성 변곡점에 악영향을 주지 않는다.

<72> 액적(138)의 분무는 금형(146)내의 주물의 표면에 난류 영역(148)을 생성시킨다. 난류 영역(148)의 깊이는 금형내에서 약 0.005인치 내지 약 1.0인치의 범위이다. 난류 영역(148)의 깊이는, 분무화 가스 속도, 액적 속도, 냉각 영역(144) 깊이, 유동 온도 및 액적 크기(이에 한정되지 않음) 등을 포함하는 다양한 청정 금속 핵생성 주조 장치(3) 인자에 의존한다. 본 발명의 범위내의 예시적 난류 영역(148)은 금형에서 약 0.25인치 내지 약 0.50인치 범위의 깊이를 포함한다. 일반적으로, 금형(146)의 난류 영역(148)은 금속이 주로 액체 특성을 나타내는 주물의 영역보다 크지 말아야 한다.

<73> 전형적으로, 난류 영역(148)에서의 저 점성은 주물에서의 가스 함유 및 그에 따른 기공을 최소화한다. 난류 영역(148)에서 고체인 평균 액적의 고체 체적 분율 부분이 약 50체적%보다 작다면, 주물내의 가스 함유는 최소화된다. 예를 들면, 난류 영역(148)에서 고체인 평균 액적의 고체 체적 분율 부분이 약 5체적% 내지 약 40체적% 범위에 있다면, 주물내의 가스 함유는 최소화된다.

<74> 고체 금속 입자 첨가 시스템(300)은, 예를 들면 가스와 고체 금속 입자를 하나 또는 그 이상의 제트(142)에서 조합함으로써 분무를 생성하는 가스와 함께 고체 금속 입자를 첨가할 수 있다. 변형예로서, 고체 금속 입자 첨가 시스템(300)은, 분무가 형성된 후 고체 금속 입자가 분무(138)에 첨가되는 분리 통과부(311)에 의해, 분무를

생성하는 가스와 분리된 고체 금속 입자를 첨가할 수 있다. 또 하나의 변형예로서, 고체 금속 입자 첨가 시스템(300)은 분무를 생성하는 가스와 함께 또한 분리 통과부를 통과시켜 고체 금속 입자를 첨가할 수 있다.

<75> 본 명세서에 다양한 실시예가 설명되지만, 본 명세서로부터 요소의 다양한 조합, 변경, 또는 향상이 당해 분야의 당업자에 의해 행해질 수 있으며, 그러한 것들은 본 발명의 범위내에 있음이 인식될 것이다.

발명의 효과

<76> 본 발명에 따르면, 터빈 구성부품용 등으로 사용되는 물품을 주물로 성형하는데 있어서, 종래의 용융된 정련 금속을 용기내에서 응고시키는 방법과 달리, 고체 금속 입자 첨가 시스템을 사용하여 핵생성 주조 방법으로 주물을 성형함으로써, 종래의 주물에 비해 산화물과 황화물과 편석 결함이 감소된 미립자의 균질한 미세조직을 갖는 주물과 연성과 파단 인성이 향상된 주물을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

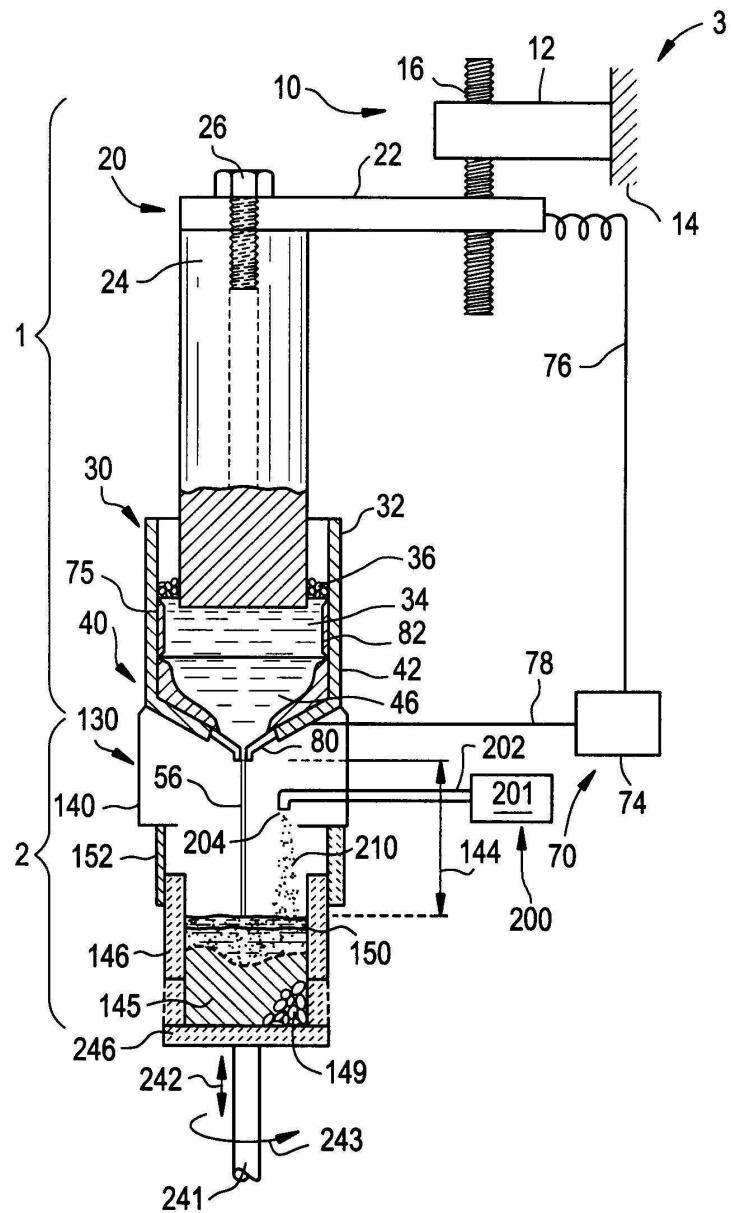
- <1> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 분말 첨가 주조 장치의 개략도,
- <2> 도 2는 도 1의 주조 장치의 일렉트로슬래그 정련 시스템부의 세부를 도시하는 개략적인 부분 종단면도,
- <3> 도 3은 일렉트로슬래그 정련 시스템부의 세부를 도시하는 개략적인 부분 종단면도,
- <4> 도 4는 주물을 생산하는 주조 장치의 일렉트로슬래그 정련 시스템을 도시하는 개략적인 부분 단면도,
- <5> 도 5는 본 발명에 따른 실시예의 주조 장치에 대한 고체 금속 입자 첨가 시스템의 개략적인 부분 단면도,
- <6> 도 6은 본 발명에 따른 또 하나의 실시예의 주조 장치에 대한 고체 금속 입자 첨가 시스템의 개략적인 부분 단면도,
- <7> 도 7은 본 발명에 따른 다른 하나의 실시예의 분말 첨가 주조 장치의 개략도.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

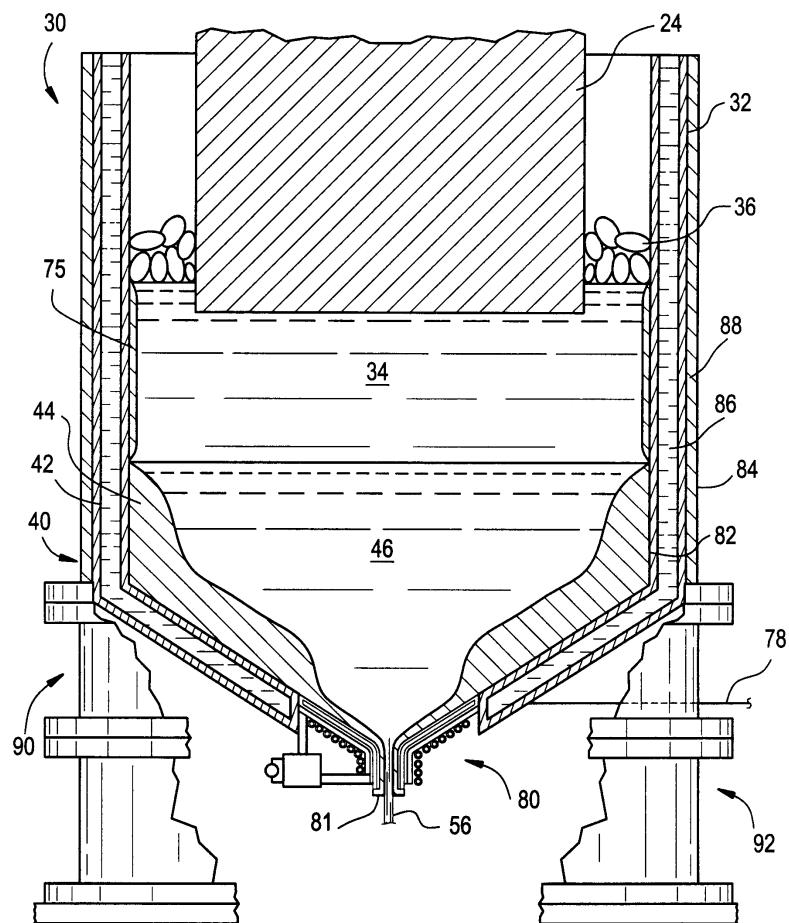
- | | |
|--------------------------|----------------|
| <9> 1: 일렉트로슬래그 정련 시스템 | 2: 핵생성 주조 시스템 |
| <10> 3 : 주조 장치 | 24 : 소모성 전극 |
| <11> 30 : 일렉트로슬래그 정련 구조체 | 40 : 냉간 노상 구조체 |
| <12> 56 : 용융 금속의 스트립 | 70 : 전력 공급 장치 |
| <13> 80 : 냉간 펑거 오리피스 구조체 | 140 : 분위기 환경 |
| <14> 145 : 주물 | 146 : 금형 |
| <15> 148 : 액체 부분 | 204 : 분산 시스템 |

도면

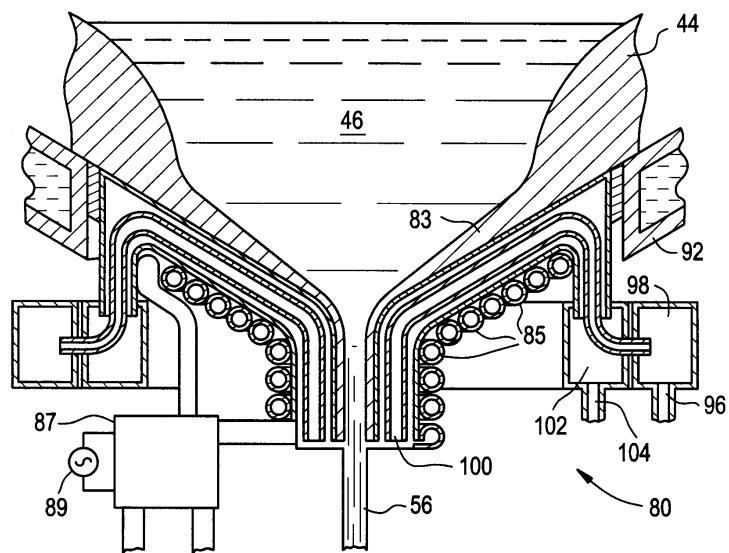
도면1



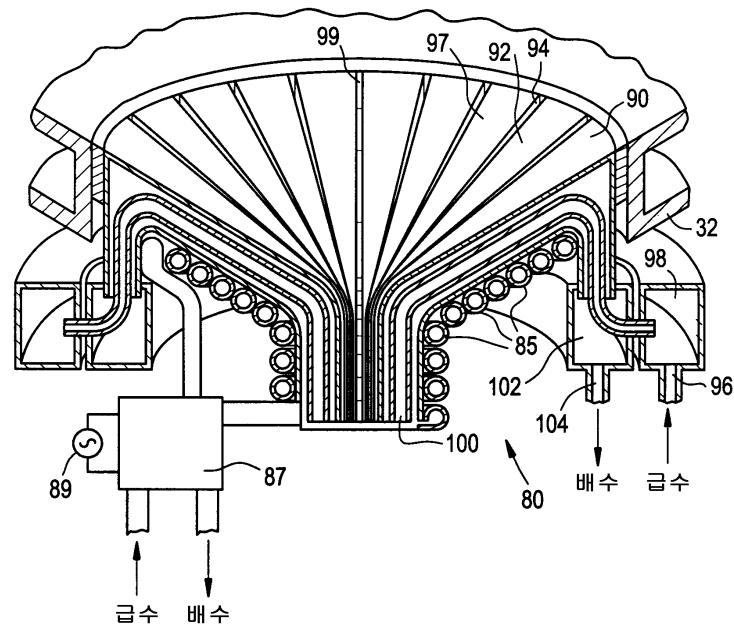
도면2



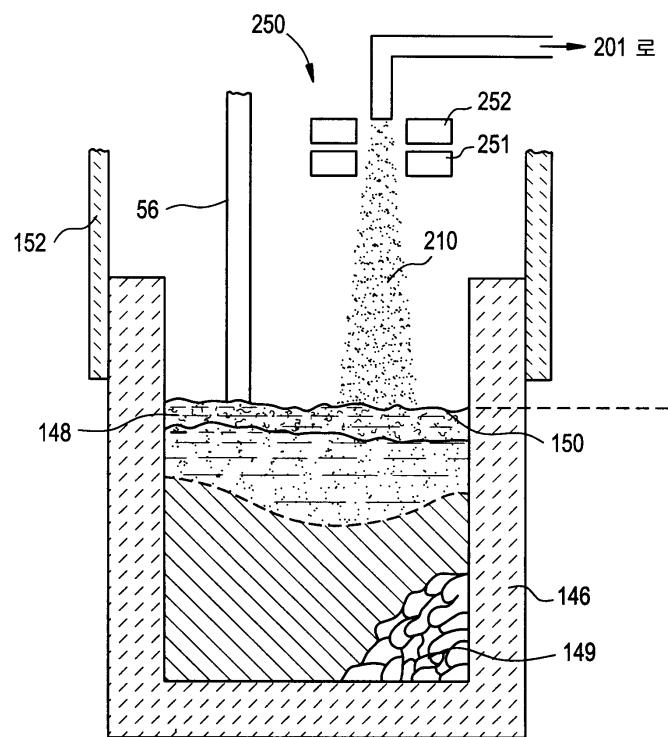
도면3



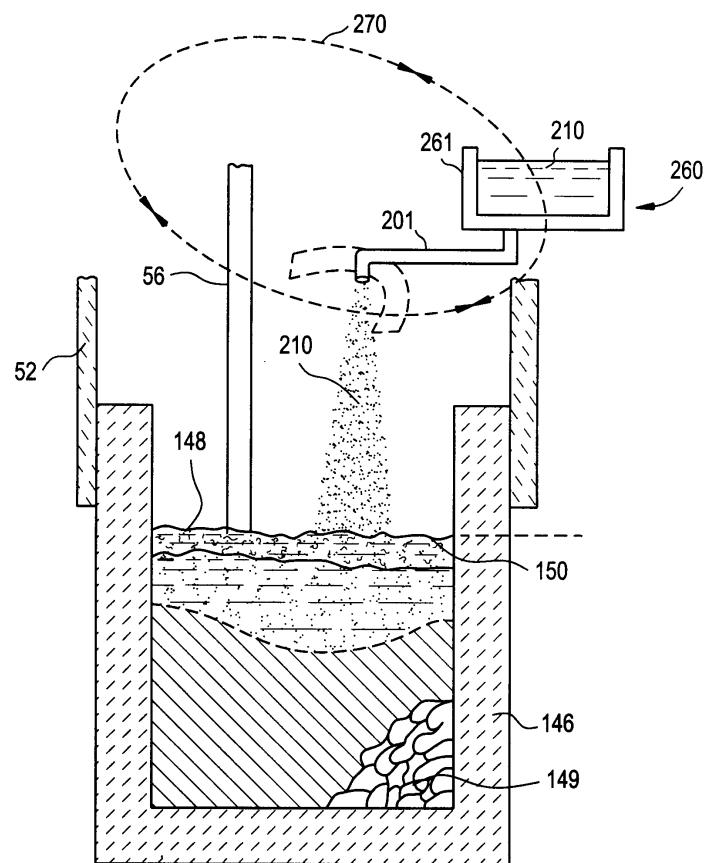
도면4



도면5



도면6



도면7

