



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. B22D 3/00 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년05월14일 10-0718408 2007년05월08일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2000-0067831 2000년11월15일 2005년11월15일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2001-0051708 2001년06월25일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장	09/440,394	1999년11월15일	미국(US)
------------	------------	-------------	--------

(73) 특허권자	제너럴 일렉트릭 캄파니 미합중국 뉴욕, 셰넥테디, 윈 리버 로우드
-----------	---

(72) 발명자	카터,주니어,윌리엄토마스 미국12074뉴욕주갈웨이퍼쓰로드1949  벤즈,마크길버트 미국12027뉴욕주버트힐스파크우드드라이브11
----------	--

자발라,로버트존 미국12303뉴욕주셰넥터디테리아비뉴39
-----------------------------------

나드센,브루스엘런 미국12010뉴욕주암스테르담벨펜스로드238
--------------------------------------

탐부,사무엘비노드 미국12110뉴욕주라탐우티카에비뉴41
-----------------------------------

카터,주니어,윌리엄토마스 미국12074뉴욕주갈웨이퍼쓰로드1949
--

(74) 대리인	김창세
----------	-----

(56) 선행기술조사문헌 미국특허공보 05649992호
-----------------------------------

심사관 : 김종혁

전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 순수 금속 핵생성 구조 물품

(57) 요약

본 발명은 실질적으로 산화물 및 황화물을 함유하지 않으며 편석 결함이 없는 세립의 균질한 미세구조물을 포함하는 물품에 관한 것이다. 이 물품은 일렉트로 슬래그 정제법으로 산화물 및 황화물을 정제하여 제거시킴으로써 순수하게 정제된 금속 원료를 형성하는 단계, 및 핵생성 주조법으로 물품을 형성하는 단계를 포함하는 방법에 의해 제조된다. 본 발명은 또한 순수 금속 핵생성 주조 방법 수행 시스템에 의해 제조된 물품에 관한 것이다.

## 대표도

도 1

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

일렉트로 슬래그 정제법(electroslag refining)으로 산화물 및 황화물을 정제하여 제거시킴으로써 순수하게 정제된 금속 원료를 형성하는 단계, 및

핵생성 주조법(nucleated casting)으로 물품을 형성하는 단계

를 포함하되,

상기 물품의 형성 단계가

순수 금속 원료로부터 순수 금속 스트림을 용융된 금속 소적으로 분열시키는 단계;

용융된 금속 소적을 부분적으로 고화시켜 평균적으로 각 소적의 5 내지 40 부피%가 고상이고 나머지 고상 소적이 용융상태이도록 하는 단계; 및

부분적으로 고화된 소적을, 물품을 성형하는 주형내에 수집하고 고화시키되, 여기서 소적에 의해 상부 표면에 난류 대역이 생성되며, 난류 대역내에서 소적을 수집하고, 평균적으로 소적의 50 부피% 미만을 고화시키는 단계를 포함하는 방법에 의해 제조된,

산화물 및 황화물을 함유하지 않고 편석 결함이 없는 세립의 균질한 미세구조물을 포함하는 주조 물품.

### 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 일렉트로 슬래그 정제 단계가,

정제될 금속 원료를 제공하는 단계;

상기 금속 원료의 일렉트로 슬래그 정제를 위한 일렉트로 슬래그 정제용 구조물을 제공하고 용기내에 용융된 슬래그를 제공하는 단계;

정제된 용융 금속을 용융된 슬래그 밑에 유지하기 위한 냉각 노상 구조물을 제공하고, 상기 냉각 노상 구조물내에 정제된 용융 금속을 제공하는 단계;

상기 일렉트로 슬래그 정제용 구조물내로 삽입하여 일렉트로 슬래그 정제용 구조물내 용융된 슬래그와 접촉되도록 금속 원료를 장착하는 단계;

전력을 공급하기 위한 전력 공급 장치를 제공하는 단계;

전력을 일렉트로 슬래그에 공급하여, 전력 공급 장치, 금속 원료, 용융된 슬래그 및 일렉트로 슬래그 정제용 구조물을 포함하는 회로를 통하여 금속 원료를 정제하는 단계;

금속 원료를 저항 용융시켜 용융된 슬래그와 접촉시키고 용융된 금속 소적을 생성시키는 단계;

용융된 금속 소적을 용융된 슬래그를 통해 적하시키는 단계;

용융된 소적이 용융된 슬래그를 통과한 후 이를 일렉트로 슬래그 정제용 구조물 바로 아래의 냉각 노상 구조물에 정제된 액상 금속체로서 수집하는 단계;

냉각 노상 오르피스 구조물의 하부에 오리피스를 갖는 냉각 핑거 오리피스 구조물을 제공하는 단계; 및

냉각 노상 오르피스 구조물내에 수집된 일렉트로 슬래그 정제된 금속을 냉각 핑거 오리피스 구조물을 통해 배출시키는 단계

를 포함하는 방법에 의해 제조된 주조 물품.

### 청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 금속 원료가 하나 이상의 니켈계, 코발트계, 티타늄계, 또는 철계 금속으로부터 선택되는 합금을 포함하고, 순수 금속 핵생성 주조 방법으로 형성된 물품이 하나 이상의 니켈계, 코발트계, 티타늄계, 또는 철계 금속을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법에 의해 제조된 주조 물품.

### 청구항 4.

제 2 항에 있어서,

상기 정제용 구조물로의 금속 원료의 도입 속도를, 주괴의 하부 말단이 저항 용융에 의해 용융되는 속도와 상응하게 하는 방법에 의해 제조된 주조 물품.

### 청구항 5.

제 2 항에 있어서,

상기 배출 단계가 용융된 금속 스트립을 형성하는 것을 포함하는 방법에 의해 제조된 주조 물품.

### 청구항 6.

제 2 항에 있어서,

상기 일렉트로 슬래그 정제용 구조물 및 냉각 노상 구조물이 동일한 구조의 상부 및 하부를 포함하는 방법에 의해 제조된 주조 물품.

## 청구항 7.

제 2 항에 있어서,

상기 전력 공급 단계가 정제된 액상 금속중에 회로를 형성하는 것을 포함하는 방법에 의해 제조된 주조 물품.

## 청구항 8.

제 2 항에 있어서,

상기 배출 단계가 저항 용융 속도와 등속인 배출 속도를 설정하는 것을 포함하는 방법에 의하여 제조된 주조 물품.

## 청구항 9.

삭제

## 청구항 10.

제 1 항에 있어서,

상기 용융된 금속 소적을 부분적으로 고화시키는 단계가 평균적으로 소적의 15 내지 30 부피%를 고화시키는 것을 포함하는 방법에 의하여 제조된 주조 물품.

## 청구항 11.

제 1 항에 있어서,

상기 부분적으로 고화된 소적을 수집하고 고화시키는 단계가 소적의 5 내지 40 부피%를 수집하고 고화시키는 것을 포함하는 방법에 의하여 제조된 주조 물품.

## 청구항 12.

제 1 항에 있어서,

상기 분열 단계가 스트림상에서 하나 이상의 분무화 가스 제트를 충돌시키는 것을 포함하는 방법에 의하여 제조된 주조 물품.

## 청구항 13.

삭제

## 청구항 14.

제 1 항에 있어서,

하나 이상의 주괴, 주물 또는 예비성형품을 포함하는 주조 물품.

## 청구항 15.

제 1 항에 있어서,

하나 이상의 니켈계, 코발트계, 또는 철계 금속을 포함하는 구조 물품.

#### 청구항 16.

제 1 항에 있어서,

터빈 부품 용도로서 사용될 수 있는 구조 물품.

#### 청구항 17.

제 2 항에 있어서,

하나 이상의 주괴, 주물 또는 예비성형품을 포함하는 구조 물품.

#### 청구항 18.

제 2 항에 있어서,

하나 이상의 니켈계, 코발트계, 또는 철계 금속을 포함하는 구조 물품.

#### 청구항 19.

제 2 항에 있어서,

터빈 부품 용도로서 사용될 수 있는 구조 물품.

#### 청구항 20.

제 1 항에 있어서,

하나 이상의 주괴, 주물 또는 예비성형품을 포함하는 구조 물품.

#### 청구항 21.

제 1 항에 있어서,

하나 이상의 니켈계, 코발트계, 또는 철계 금속을 포함하는 구조 물품.

#### 청구항 22.

제 1 항에 있어서,

터빈 부품 용도로서 사용될 수 있는 주조 물품.

### 청구항 23.

삭제

### 청구항 24.

삭제

### 청구항 25.

삭제

### 청구항 26.

삭제

### 청구항 27.

삭제

### 청구항 28.

삭제

### 청구항 29.

제 1 항에 있어서,

상기 금속 원료가 하나 이상의 소모성 전극, 분말화된 금속 원료 및 용융 금속 원료로부터 선택되는 주조 물품.

### 청구항 30.

산화물 및 황화물을 함유하지 않고 편석 결함이 없는 세립의 균질한 미세구조물을 포함하고, 순수 금속 핵생성 주조용 시스템에 의하여 제조되는 물품으로서,

상기 순수 금속 핵생성 주조용 시스템이 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 및 핵생성 주조용 시스템을 포함하되, 상기 일렉트로 슬래그 정제용 시스템이, 정제용 용융 슬래그를 수용하고 유지하기 위한 일렉트로 슬래그 정제용 구조물,

상기 일렉트로 슬래그 정제용 구조물내에서 정제될 금속 원료,

상기 금속 원료가 용융된 슬래그와 접촉하도록 배치된, 상기 일렉트로 슬래그 정제용 구조물내의 용융된 슬래그체,

전극으로서 상기 금속 원료에 전류를 공급하고 용융된 슬래그를 통하여 슬래그 밑의 정제된 금속체에 전류를 공급하여 정제용 슬래그를 용융 상태로 유지하고, 슬래그와 접촉되어 있는 금속 원료의 말단을 용융시키기 위한 전기 공급 장치,

금속 원료를, 접촉된 전극의 표면이 그의 정제가 진행됨에 따라 용융되는 속도와 상응하는 속도로 용융된 슬래그와 접촉되도록 접근시키기 위한 접근 장치,

일렉트로 슬래그 정제된 용융 금속을 냉각 노상 용기의 벽상에 형성된 정제된 금속의 고상 스컬과 접촉되도록 수용하고 유지하기 위한, 일렉트로 슬래그 정제용 구조물 밑의 냉각 노상 구조물,

상기 용융된 슬래그 밑의 냉각 노상 구조물 내의 정제된 용융 금속체,

일렉트로 슬래그 정제용 시스템에 의하여 처리되고 냉각 노상 구조물을 통해 처리된 정제된 용융 금속의 스트림을 수용하고 분배하기 위한, 냉각 노상 아래의 오리피스스를 갖는 냉각 핑거 오리피스 구조물, 및

냉각 노상 구조물, 및 오리피스스를 포함하는 냉각 핑거 오리피스 구조물과 접촉되어 있는 고화된 정제 금속의 스킵,

정제된 용융 금속의 스트림을 용융된 금속 소적으로 분열시키는 분열 부위;

주형이 용융된 금속 소적을 반고상 소적으로 부분적으로 고화시켜, 평균적으로 각 반고상 소적의 5 내지 40 부피%가 고상이고, 나머지 소적이 용융되어 있도록 하는, 용융된 금속 소적을 수용하는 냉각 대역; 및

반고상 소적을 수집 및 고화시켜, 산화물 및 황화물을 함유하지 않고 편석 결함이 없는 세립의 균질한 미세구조물을 갖는 물품을 형성시키는 주형으로서, 여기서 반고상 소적에 의해 주형의 상부 표면에 난류 대역이 생성되고, 난류 대역 내에 대략 평균 50 부피% 미만의 소적이 고상인 주형을 포함하는 주조 물품.

### 청구항 31.

제 30 항에 있어서,

하나 이상의 주괴, 주물 또는 예비성형품을 포함하는 주조 물품.

### 청구항 32.

제 30 항에 있어서,

하나 이상의 니켈계, 코발트계 또는 철계 금속을 포함하는 주조 물품.

### 청구항 33.

제 30 항에 있어서,

터빈 부품을 포함하는 주조 물품.

### 명세서

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 순수 금속 핵생성 주조 물품, 이와 관련된 방법 및 상기 물품을 제조하기 위한 시스템에 관한 것이다.

철계 (Fe), 니켈계 (Ni), 티타늄계 (Ti), 및 코발트계 (Co) 합금과 같은 금속은 종종 세립 미세구조물, 균질성 및 실질적으로 무결점의 조성물이 요구되는 터빈 부품 용도로서 사용되고 있다. 초합금 주물 및 주괴에 있어서의 문제점은 초합금 제조와 관련하여 고비용이 소요되기 때문에 바람직하지 않다는 점이고, 이러한 문제점의 결과로 특히 터빈 부품으로 성형되는 주괴에 있어 바람직하지 않게 된다. 종래의 주물 생산용 시스템은 주물로부터 제조된 물품에 바람직하지 않은 결과를 가져올 수 있는 불순물, 오염물질 및 다른 성분들을 감소시키려는 시도가 행해져 왔다. 그러나, 종종 초합금과 같은 비교적 커다란 금속체의 가공 및 정제에는 종종 균질하고 무결점인 구조를 얻는데 있어서의 문제점이 동반된다. 이들 문제점 중 적어도 일부는 금속체의 커다란 부피에 기인한다고 여겨진다.

초합금에서 종종 발생하는 문제점들 중 하나는 정제된 금속의 입도 및 다른 미세구조물의 조절을 포함한다. 전형적으로는, 정제되는 금속의 부피가 일반적으로는 약 5,000 파운드 이상이고, 약 35,000 파운드 보다 클 수도 있기 때문에, 정제 공정은 커다란 금속체의 연속적인 가열 및 용융, 성형, 냉각, 및 재가열과 같은 다단계 처리 공정을 포함한다. 또한, 커다란 금속체에 대한 처리가 수행됨에 따라 합금 또는 성분 편석의 문제점이 발생한다. 때때로, 금속의 대규모 가공 및 정제 조작을 사용함에 따라 발생하는 상기에 언급한 문제점을 해결하기 위하여 고가인 일련의 긴 공정 단계가 선택된다.

업계에서 사용되고 있는 이러한 공지된 일련의 공정 단계는 진공 유도 용융 단계, 일렉트로 슬래그 정제 단계(미국 특허 제 5,160,532호; 제5,310,165호; 제5,325,906호; 제5,332,197호; 제5,348,566호; 제5,366,206호; 제5,472,177호; 제 5,480,097호; 제5,769,151호; 제5,809,057호 및 제5,810,066호에 개시되어 있으며, 이들 모두는 본 발명의 양수인에게 양도되었다.), 진공 아크 정제 단계(VAR), 세립 미세구조물을 얻기 위한 단조 및 연신을 통한 기계적 조작 단계를 포함한다. 이러한 일련의 공정 단계에 의해 제조된 금속이 고도로 유용하며, 금속 생성물 그 자체도 매우 값비싼 것인 반면, 상기 공정에 고비용 및 시간이 소요된다. 또한, 이러한 일련의 공정 단계의 수율은 낮아질 수 있고, 이것이 비용의 증가를 가져온다.

폐금속을 20,000 파운드 이상의 커다란 금속체로 진공 유도 용융시키는 단계는 폐 재료를 회수하는데 유용할 수 있다. 폐 금속은 진공 유도 용융 단계에 의해 처리되어 대형 주괴 생성물로 성형된다. 이러한 형태의 대형 주괴 생성물은 폐금속 보다 현저한 가치를 가지나, 대형 주괴 생성물은 이로 제한하는 것은 아니지만 통상 공극, 균열, 산화물 산입 및 거대편석과 같은 결점을 하나 이상 함유한다. 폐금속을 주괴로 회수하는 것은 종종 고비용 및 시간이 소요되는 금속-정제 공정중에서 제1 단계로 수행된다. 이후의 공정 단계들은 이전의 금속 처리 단계 동안 발생된 결점을 개선하는데 사용된다. 예를 들어, 폐금속이 대형 주괴로 성형된 후, 이 주괴는 종종 일렉트로 슬래그 정제 공정으로 처리되어 불순물, 오염물질, 산화물, 황화물 및 다른 바람직하지 않은 성분들이 제거된다. 일렉트로 슬래그 정제 공정 생성물은 통상적으로 보다 낮은 농도의 불순물을 함유한다.

또한, 몇몇의 일렉트로 슬래그 정제 공정 조작 동안에 문제점이 발생할 수도 있다. 예를 들어, 종래의 일렉트로 슬래그 정제 공정은 전형적으로는 용융 정제된 금속 층상에 부유된 슬래그 정제 층을 함유하는 정제 용기를 사용한다. 미정제 금속의 주괴는 일반적으로 소모성 전극으로서 사용되고, 용기쪽으로 낮춰 용융된 일렉트로 슬래그 층과 접촉하게 된다. 전류가 슬래그 층을 통하여 주괴로 통하고, 주괴와 슬래그 층 사이의 계면에서 표면 용융을 일으킨다. 주괴가 용융됨에 따라, 산화물 산입물 또는 불순물이 슬래그에 노출되고 이들은 주괴와 슬래그 사이의 접촉 지점에서 제거된다. 정제된 금속의 소적이 형성되고, 이들 소적은 슬래그를 통과하고 슬래그 밑에 위치한 용융 정제된 금속의 풀에 수집된다.

상기에서 논의한 일렉트로 슬래그 정제 장치는 이로서 제한하는 것은 아니지만 정제 전류의 강도, 비열 공급 및 용융 속도와 같은 개별적인 공정 변수 사이의 관계에 의존할 수 있다. 이러한 관계는 금속의 일렉트로 슬래그 정제 속도, 금속 주괴 온도, 및 정제된 용융 금속이 냉각되는 속도 사이의 바람직하지 않은 상호의존성을 포함하고, 이들 모두는 생성된 주물에 열악한 야금구조를 생성시킬 수 있다.

종래의 일렉트로 슬래그 정제 공정과 관련될 수 있는 또다른 문제점은 일렉트로 슬래그 도가니중에 비교적 깊은 금속 풀이 형성되는 것을 포함한다. 이 깊은 용융물 풀은 금속중에 다양한 정도의 성분의 거대편석을 야기시켜 세립 미세구조물이 아닌 미세구조물과 같이 보다 바람직하지 않은 미세구조물을 유발하고, 원소 종의 편석을 가져옴으로써 불균질한 구조를 생성시킨다. 이러한 깊은 용융물 풀의 문제점을 해결하기 위해 일렉트로 슬래그 정제 공정과 함께 후속 공정 조작이 제안된 바 있다. 이러한 이어지는 공정은 진공 아크 재용융(VAR)일 수 있다. 진공 아크 재용융은 주괴가 진공 아크 단계에 의하여 처리될 때 개시되어 비교적 얇은 용융물 풀을 형성시킴으로써 보다 낮은 수소 함량을 가질 수도 있는 개선된 미세구조물을 생성시킨다. 진공 아크 정제 공정에 이어서, 생성된 주괴는 기계적으로 처리하여 목적하는 세립 미세구조물을 갖는 금속 스톱을 생성시킨다. 이러한 기계적 처리는 단조와 연신 단계의 조합을 포함할 수 있다. 이 열-기계적 공정은 대형이고 고가인 장비뿐만 아니라 고비용이 소요되는 에너지 공급을 필요로 한다.

바람직한 주조 미세구조물을 제공하기 위한 시도가 미국 특허 제5,381,847호에 제안되어 있으며, 여기서는 수직 주조 공정이 시도되어 수지상결정(dendritic) 성장을 조절함으로써 입자 미세구조물을 조절하고 있다. 이 공정은 몇몇 용도에 유용한 미세구조물을 제공할 수는 있으나, 수직 주조 공정으로는 이로서 한정하는 것도 아니지만, 불순물, 산화물 및 다른 바람직하지 않은 성분들을 비롯한 원료 금속 내용물을 조절할 수 없다. 조절되지 않은 원료 금속 내용물은 주물의 미세구조물 및 특성에 역효과를 미칠 수도 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

따라서, 다단계 공정 단계에 의존하지 않고, 순수 금속 원료를 공급하는 것으로, 비교적 균질하고, 세립 미세구조물을 갖는 주물을 생성시키는 금속 주조 공정을 제공할 필요성이 존재하고 있다. 또한, 비교적 균질하고, 세립 미세구조물을 갖는 주물을 생성시키는 금속 주조용 시스템을 제공할 필요성이 존재하고 있다. 또한, 터빈 부품 용도를 위하여 실질적으로 산화물을 함유하지 않는 주물을 생성시키는 금속 주조 방법 및 시스템을 제공할 필요성이 존재하고 있다.

## 발명의 구성

본 발명의 일면은 세립의 균질한 미세구조물을 포함하는 물품을 제공하는 것이다. 이 물품은 실질적으로 산화물 및 황화물을 함유하지 않고 편석 결함이 없다. 이 물품은 일렉트로 슬래그 정제 공정에 의해 산화물 및 황화물을 정제 제거시킨 순수하게 정제된 금속의 원료를 형성시키는 단계, 및 핵생성 주조 공정에 의해 물품을 성형시키는 단계를 포함하는 방법에 의하여 제조된다.

본 발명의 다른 일면은 실질적으로 산화물 및 황화물을 함유하지 않고 편석 결함이 없는 세립의 균질한 미세구조물을 포함하는 물품을 제공하는 것이다. 이 물품은 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 및 핵생성 주조용 시스템을 포함하는 순수 금속 핵생성 주조용 시스템에 의해 제조된다. 일렉트로 슬래그 정제용 시스템은 정제될 금속 원료인 정제용 용융 슬래그를 수용하고 보유하기 위한 일렉트로 슬래그 정제용 구조물, 상기 일렉트로 슬래그 정제용 구조물내 정제될 금속 원료, 상기 일렉트로 슬래그 정제용 구조물중의 용융된 슬래그체(여기서 금속의 원료는 용융된 슬래그와 접촉하도록 배치되는 있음), 전류를 전극으로서의 금속 원료에 공급하고 용융된 슬래그를 통해 슬래그 밀의 정제된 금속체에 공급하여 정제용 슬래그를 용융 상태로 유지시키고 금속의 원료의 말단을 슬래그와 접촉시키도록 용융시키도록 한 전원, 금속의 원료를 접촉된 전극의 표면이 이들의 정제가 진행됨에 따라 용융되는 속도에 상응하는 속도로 용융된 슬래그와 접촉하도록 접근시키기 위한 접근 장치, 일렉트로 슬래그 정제된 용융 금속을 냉각 노상 용기의 벽상에 형성된 정제된 금속의 고상 스킵과 접촉하여 상기 일렉트로 슬래그 정제된 용융 금속을 수용하고 보유하기 위한 일렉트로 슬래그 정제용 구조물 밀의 냉각용 노상 구조물, 용융된 슬래그 밀의 냉각용 노상 구조물내 정제된 용융 금속체, 일렉트로 슬래그 정제용 시스템에 의하고 냉각용 노상 구조물을 통하여 처리된 정제된 용융된 금속의 스트림을 수용하고 분배하기 위한 냉각용 노상 구조물 아래의 오리피스스를 갖는 냉각용 펌프 오리피스 구조물, 냉각용 노상 구조물 및 오리피스스를 포함하는 냉각용 펌프 오리피스 구조물과 접촉하여 있는 고화된 정제된 금속의 스킵, 정제된 용융된 금속의 스트림을 용융된 금속 소적으로 만드는 분열 부위; 및 용융된 금속 소적을 수용하는 냉각 대역을 포함한다. 주형은 용융된 금속 소적을 반고상 소적으로 부분적으로 고화시켜, 평균적으로 각 반고상 소적 중 약 5 내지 약 40 부피%가 고상이고 잔여 반고상 소적이 용융되어 있도록 하며; 반고상 소적을 수집하고 고화시킴으로써, 본 발명에 의해 구체화된 바와 같이, 실질적으로 산화물 및 황화물을 함유하지 않고 편석 결함이 없는 세립의 균질한 미세구조물을 포함하는 물품을 생성시킨다. 난류 대역은 반고상 소적에 의해 주형의 상부 표면상에 생성되고, 이 난류 대역내에서는 평균의 소적 중 평균 약 50 부피% 미만이 고상이다.

본 발명의 추가의 일면은 하나 이상의 주괴, 주물, 또는 예비성형품을 포함하는 물품을 포함한다.

본 발명의 또다른 일면은 하나 이상의 니켈계, 코발트계, 또는 철계 금속을 포함하는 물품에 관한 것이다.

본 발명의 이들 및 다른 일면, 잇점 및 특징은 도면 전체를 통해 같은 부분은 같은 참조 문자로 지시된 첨부된 도면과 함께 고려할 때 본 발명의 실시 양태를 개시하고 있는 하기의 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 물품을 제조하기 위한 순수 금속 핵생성 주조 방법은 일렉트로 슬래그 정제용 시스템으로부터 순수 액상 금속의 원료를 형성시키는 단계, 순수 금속을 핵생성 주조용 시스템으로 이송하는 단계 및 실질적으로 산화물을 함유하지 않고 불순물이 없는 물질을 갖는, 주조, 주괴 또는 예비성형품과 같은 비제한적인 물품을 제조하는 단계를 포함한다. "실질적으로 없는"이라는 용어는 재료중의 임의의 성분이 예를 들어, 재료의 강도 및 관련된 특성에 불리한 영향을 미치지 않는다는 것을 의미한다. 또한, 본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 순수 금속 핵생성 주조 방법으로, 상기에 기술한 바와 같은 종래의 용융 방법에 의해 제조된 주물과 비교할 때 실질적으로 편석 결함이 감소된 주물이 제조된다. 본 발명의 상세한 설명에서는 순수 금속 핵생성 주조 방법 및 시스템에 의해 제조된 물품 또는 주물에 대하여 기술할 것이나, 이 상세한 설명은 단지 예시에 불과하고 어떠한 방식으로든 본 발명을 제한하려는 의도는 아니다.

본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 순수 액상 금속 원료는 일렉트로 슬래그 정제 단계이기 때문에 순수 액상 금속을 제공하는 일렉트로 슬래그 정제용 장치를 포함될 수 있다. 예를 들어, 일렉트로 슬래그 정제용 장치는, 예를 들어, 상기에 언급한 본 발명의 양수인에게 양도된 특허에서 기술한 바와 같이 일렉트로 슬래그 정제용 시스템과 냉각-유도 가이드(CIG)를 함께 포함한다. 핵생성 주조용 시스템은 다수의 용융된 금속 소적이 생성되어, 이를 각 소적의 약 30 부피% 이하를 평균적

으로 고화시키는데 충분한 길이로 형성된 냉각 대역으로 통과시키게 하는 시스템을 포함할 수 있다. 이어서, 소적은 주형에 수용되고, 이 주형내에서 금속 소적의 고화가 완료된다. 소적 중 약 30 부피% 미만이 고상일 때, 소적은 액상 특성을 보유했으며, 주형내에서 손쉽게 유동한다.

본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 물품을 제조하기 위한 순수 금속 핵생성 주조 방법은 종종 터빈 부품 용도로 사용되는 니켈(Ni)계, 코발트(Co)계 초합금, 철(Fe)계, 티타늄(Ti)계 합금을 포함하나 이에 제한되지는 않는 많은 금속 및 합금에 균질한 세립 미세구조물을 형성한다. 본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 순수 금속 핵생성 주조 방법에 의하여 형성된 물품은 그들의 균질한 세립 미세구조물로 인하여 최종 물품 또는 강편(鋼片)으로 전환시키거나, 감소된 가공 및 열처리 단계를 사용하여 직접 단조할 수 있다. 따라서, 순수 금속 핵생성 주조 방법은 디스크, 축차, 프로펠러 날개, 차륜, 버킷, 링, 샤프트, 바퀴, 및 기타 다른 부재와 같은 비제한적인 회전 장치 용도, 및 기타 터빈 부품 용도와 같은 비제한적인 다양한 용도에 사용될 수 있는 고 품질의 단조품을 제조하는데 사용할 수 있다. 본 발명의 상세한 설명은 주물로 형성된 터빈 부품에 관하여 언급할 것이나, 이는 본 발명의 범위내에 있는 용도들의 예시에 불과한 것이다.

첨부된 도면을 참조하면, 도 1은, 본 발명에 의해 구체화된 바와 같이, 순수 금속 핵생성 주조 방법 및 시스템 (3)의 부분-개략, 부분-단면, 정면도를 예시한다. 도 2 내지 4는 도 1에 예시한 특징들을 상세히 예시한다. 본 발명의 이해를 용이하게 하기 위하여 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)을 처음에 기술한 후, 핵생성 주조용 시스템 (3)에 대하여 기술한다.

도 1은 본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 물품을 제조하기 위한 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)의 개략도이다. 도 1에 있어서, 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3) 및 그와 관련된 순수 금속 핵생성 주조 공정을 위한 순수 금속은 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)에 의하여 제공된다. 순수 금속은 핵생성 주조용 시스템(2)에 공급된다. 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1) 및 핵생성 주조용 시스템 (1)은 함께 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (2)를 형성하여, 순수 금속 핵생성 주물을 제조한다.

일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)은 정제될 소모성 금속 전극 (24)를 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)에 직접 도입시키고, 소모성 전극 (24)를 정제시켜 순수한, 정제된 금속 용융물 (46)(이하 "순수 금속"으로 칭함)을 생성시킨다. 소모성 전극 (24)로서 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)을 위한 금속 원료는 단지 예시에 불과하며, 본 발명의 범위는 주괴, 금속의 용융물, 금속 분말, 및 이들의 조합을 포함하나 이에 제한되는 것은 아닌 금속 원료를 포함한다. 본 발명의 상세한 설명에서는 소모성 전극에 대하여 기술할 것이나, 이는 단지 예시에 불과하고 본 발명을 어떠한 방식으로든 제한하려는 것은 아니다. 순수 금속 (46)은 일렉트로 슬래그 정제용 장치 (1) 아래에 설치된 냉각 노상 구조물 (40)내에 수용되어 보유된다. 순수 금속 (46)은 냉각 노상 구조물 (40)으로부터 그의 아래에 설치되어 배치된 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)을 통하여 분배된다.

금속의 일렉트로 슬래그 정제 속도 및 정제된 금속을 냉각 노상 구조물 (40)으로 이송하는 속도가 용융된 금속 (46)이 냉각 노상 구조물 (40)으로부터 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)의 오리피스 (81)을 통해 분배되는 속도에 근접하는 경우, 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)은 순수 금속 (46)을 공급함에 있어 실질적으로 정상 상태 조작을 제공할 수 있다. 따라서, 순수 금속 핵생성 주조 공정은 연장된 기간 동안 연속적으로 조작할 수 있기 때문에 커다란 크기의 금속을 처리할 수 있게 된다. 다른 방법으로는, 순수 금속 핵생성 주조 방법은 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)의 특징 중 하나 이상을 간헐적으로 조작함으로써 간헐적으로 조작할 수도 있다.

순수 금속 (46)이 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)을 통하여 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)에서 배출되면, 이는 핵생성 주조용 시스템 (2)에 도입된다. 이어서, 순수 금속 (46)은 추가로 처리되어 비교적 큰 정제된 금속 주괴를 생성시킬 수 있다. 다른 방법으로는 순수 금속 (46)은 처리되어 보다 작은 주물, 주괴, 물품을 생성시키거나, 연속된 주조 물품으로 성형될 수 있다. 본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 순수 금속 핵생성 주조 방법은 목적하는 일련의 물질 특성 및 특질을 갖는 금속 주물을 제조하기 위해, 현재까지 요구되어 왔던 상기에 기술한 것들과 같은 많은 공정 조작 단계를 효과적으로 제거하였다.

도 1에 수직 동작 조절 장치 (10)을 개략적으로 도시하였다. 수직 동작 조절 장치 (10)은 모터 또는 다른 기계장치와 같이 비제한적인 구동 장치(도시하지 않음)가 포함된 수직 지지대 (14)에 설치된 박스 (12)를 포함한다. 구동 장치는 나선 부재 (16)에 회전 운동을 부여하기 위한 것이다.

주괴 지지 구조물 (20)은 한쪽 끝에 나선 부재 (16)이 관통되어 연결되어 있는 지지 부재 (22)와 같이 비제한적인 부재를 포함한다. 지지 부재 (22)는 그의 다른쪽 말단에서 볼트 (26)과 같은 비제한적인 적절한 연결 수단에 의해 소모성 전극 (24)를 지지하고 있다.

일렉트로 슬래그 정제용 구조물 (30)은 물과 같은 비제한적인 적절한 냉매에 의하여 냉각된 저장기 (32)를 포함한다. 저장기 (32)는 용융된 슬래그 (34)를 포함하고, 여기서 슬래그 (34) 중 초과분이 고상 슬래그 과립 (36)으로 예시되어 있다. 순수 금속 핵생성 주조 방법에 사용되는 슬래그 조성은 처리되는 금속에 따라 변할 것이다. 하기에 기술한 바와 같이 내벽 (82)의 외측에 대한 냉매 유동의 냉각 효과로 인하여 슬래그 스컬(skull) (75)가 저장기 (32)의 내벽 (83)의 안쪽 표면을 따라 형성될 수 있다.

냉각 노상 구조물 (40)(도 1-3)은 일렉트로 슬래그 정제용 구조물 (30)의 아래에 설치되어 있다. 이 냉각 노상 구조물 (40)은 물과 같은 적절한 냉매로 냉각되는 노상 (42)를 포함한다. 노상 (42)는 고화된 정제 금속의 스컬 (44)와 정제된 액상 금속체 (46)를 함유한다. 저장기 (32)가 노상 (42)과 일체형으로 형성되어질 수도 있다. 다른 방법으로는, 저장기 (32)와 노상 (42)는 별개의 유니트로 형성되어, 연결됨으로써 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)을 형성할 수 있다.

일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)의 기부 오리피스 (81)가 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)에 제공되고, 이는 도 3 및 4를 참조하여 기술하였다. 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)으로 정제되어 실질적으로 산화물, 황화물 및 다른 불순물을 함유하지 않는 순수 금속 (46)은 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)을 통과하여 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)의 오리피스 (81)로부터 흘러나올 수 있다.

전력 공급 구조물 (70)은 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)로 정제용 전류를 공급할 수 있다. 전력 공급 구조물 (70)은 전력 공급 장치 및 조절 메카니즘 (74)를 포함할 수 있다. 전류를 지지 부재 (22)에 전달하고, 이 전류를 소모성 전극 (24)로 전달할 수 있는 전기 전도체 (76)이 전력 공급 장치(70)와 부재 (22)를 연결한다. 전도체 (78)은 저장기 (32)에 연결되어 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)의 전력 공급 구조물 (70)을 위한 회로를 완성한다.

도 2는 일렉트로 슬래그 정제용 구조물 (30) 및 냉각 노상 구조물 (40)의 상세 부분-단면도로서, 일렉트로 슬래그 정제용 구조물 (30)이 저장기 (32)의 상부의 경계를 한정하고, 냉각 노상 구조물 (40)이 저장기의 하부 (42)의 경계를 한정한다. 저장기 (32)는 일반적으로 내벽 (82) 및 외벽 (84)를 포함하는 이중벽 저장기를 포함한다. 내벽 (82)와 외벽 (84) 사이에 물과 같이 비제한적인 냉매 (86)이 제공된다. 냉매 (86)은 공급원 98(도 3 참조)로부터 내벽 (82)와 외벽 (84) 사이에 한정된 유동 채널을 통하여 유동하고 통상적인 유입구 및 배출구(도면에 도시하지는 않음)를 통하여 유동할 수 있다. 냉각 노상 구조물 (40)의 내벽 (82)를 냉각시키는 냉각수 (86)은 일렉트로 슬래그 정제용 구조물 (30) 및 냉각 노상 구조물 (40)을 냉각시켜 스컬 (44)가 냉각 노상 구조물 (40)의 내표면에 형성되게 한다. 냉매 (86)은 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1), 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3), 또는 일렉트로 슬래그 정제용 구조물 (30)을 조작하는데 필수적인 것은 아니다. 냉각은 액상 금속 (46)이 내벽 (82)에 접촉하고 이를 공격하여 벽을 어느 정도 분해시키고 액상 금속 (46)을 오염시키지 않도록 보장할 수 있다.

도 2에 있어서, 냉각 노상 구조물 (40)은 또한 외벽 (88)을 포함할 수 있고, 이는 플렌지로 이어진 관형 구역 (90) 및 (92)를 포함할 수 있다. 도 2의 기부에 두 개의 플렌지로 이어진 관형 구역 (90) 및 (92)가 도시되어 있다. 외벽 (88)은 핵생성 주조용 시스템 (2)와 함께 조절된 대기 환경 (140)을 형성하며, 이에 대하여는 하기에 기술한다.

냉각 노상 구조물 (40)은 도 3 및 4에 도시된 바와 같이 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)을 포함한다. 냉각 핑거 오리피스 구조물(80)은, 냉각 노상 구조물 (40) 및 이 냉각 노상 구조물 (40)에서 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)을 통하여 배출된 액상 용융물 (46)의 스트림 (56)과 관련하여 도 3에 도시되어 있다. 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)은 고상 금속 스컬 (44) 및 액상 금속 (46)과 함께 구조적으로 도시하였다(도 2 및 3 참조). 도 4는 액상 금속 또는 고상 금속 스컬이 없는 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)을 도시한 것으로, 매우 상세한 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)이 도시되어 있다.

냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)은 오리피스 (81)를 포함하고, 이 오리피스로부터 처리된 용융 금속 (46)이 스트림 (56)의 형태로 유동할 수 있다. 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)은 냉각 노상 구조물 (40) 및 냉각 노상 구조물 (30)에 연결되어 있다. 따라서, 냉각 노상 구조물 (40)은 처리되어 일반적으로 냉각 노상 구조물(40)의 벽과 접촉함으로써 불순물이 없는 금속 이 스컬 (44) 및 (83)을 형성하도록 한다. 따라서, 스컬 (44) 및 (83)은 용융된 금속 (46)의 용기 역할을 하는 것이다. 또한, 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)에 형성된 스컬 (83)(도 3 참조)은 그 두께가 조절가능하고, 전형적으로는 스컬 (44) 보다 얇은 두께로 형성된다. 보다 두꺼운 스컬 (44)는 냉각 노상 구조물 (40)과 접촉하고, 보다 얇은 스컬 (83)은 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)과 접촉하며, 스컬 (44) 및 (83)은 서로 접촉하여 실질적으로 연속적인 스컬을 형성한다.

조절된 양의 열을 스컬 (83)에 공급하여 액상 금속체 (46)에 열을 전달시킬 수 있다. 열은 냉각 노상 구조물 주위에 배치된 유도 가열용 코일 (85)로부터 제공된다. 유도-가열용 코일 (85)는 물과 같은 적절한 냉매를 공급원 (87)로부터 상기 코일로 유동시켜 냉각시킨 유도-가열용 코일을 포함할 수 있다. 유도 가열 전력은 도 3에 개략적으로 도시한 가열 전력 공급 장

치 (89)로부터 공급된다. 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)의 구조는 유도 에너지에 의한 가열을 허용함으로써 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)을 관통하여 액상 금속 (46) 및 스킵 (83)을 가열하고, 오리피스 (81)을 개방되게 유지함으로써 스트림 (56)이 오리피스 (81)로부터 흘러나오게 할 수 있다. 오리피스는 가열 전력이 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)에 인가되지 않는 경우, 액상 금속 (46)의 스트림 (56)이 고화됨으로써 밀폐될 수 있다. 가열은 각 핑거가 인접한 핑거로부터 절연된, 예를 들어, 공기 또는 가스에 의해 또는 적절한 절연체에 의해 절연된 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)에 의존한다.

냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)은 각 스킵 (44) 및 (83)과 함께 도 4에 예시되어 있고, 용융된 금속 (46)은 명확성을 위하여 생략하였다. 개개의 냉각 핑거 (97)은 핑거 (92)와 같은 각각의 인접하는 핑거와는 간극 (94)에 의해 분리된다. 간극 (94)는 세라믹 재료 또는 절연 가스와 같은 비제한적인 절연체가 제공되어 채워질 수 있다. 따라서, 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)내에 위치한 용융 금속 (46)(도시하지 않음)은 스킵 (83)이 냉각 핑거 위로 가교를 생성시키고 이를 통한 액상 금속의 통과를 방지하기 때문에 간극을 통해 누출되지 않는다. 각각의 간극은, 보는 사람의 시선을 따라 정렬된 간극 (99)을 예시하고 있는 도 4에 도시된 바와 같이, 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)의 기부까지 연장된다. 간극은 약 20 mil 내지 약 50 mil 범위의 폭으로 제공될 수 있고, 이는 각각의 인접한 핑거의 절연된 분리를 제공하는데 충분하다.

개개의 핑거에는 적절한 냉매 공급원(도시하지 않음)으로부터 도관 96으로 냉매를 통과시킴으로써 물과 같은 냉매를 제공할 수 있다. 이어서, 냉매는 분기관(98) 주위 및 그를 통하여 냉각관 (100)과 같은 개개의 냉각 튜브를 통과한다. 냉각관 (100)으로부터 배출된 냉매는 냉각관 (100)의 외표면과 핑거의 내표면 사이를 유동한다. 이어서, 냉매는 분기관 (102)에 수집되고, 배수관 (104)를 통하여 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)에서 빠져나간다. 이러한 개개의 냉각 핑거 급수관 배열은 냉각 핑거 오리피스 구조물(80)을 전체적으로 냉각시키게 된다.

냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)을 통하여 스킵 (44) 및 (83) 뿐만 아니라 액상 금속 (46)에 제공된 가열량 또는 냉각량을 조절하여 스트림 (56)으로서 오리피스 (81)을 통한 액상 금속 (46)의 통로를 조절할 수 있다. 조절된 가열 또는 냉각은 유도 코일 (85)로부터 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)을 통과하는 전류 및 냉매의 양을 조절함으로써 수행된다. 조절된 가열 또는 냉각은 스킵 (44) 및 (83)의 두께를 증가 또는 감소시킬 수 있고, 오리피스 (81)을 개방 또는 밀폐시키거나, 오리피스 (81)을 통한 스트림 (56)의 통로를 증감시킬 수 있다. 얼마간의 액상 금속 (46)이 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)을 통해 오리피스 (81)을 통과하여 스킵 (44) 및 (83)의 두께를 증감시킴으로써 스트림 (56)을 한정할 수 있다. 냉매수, 및 유도 가열 코일 (85)로 또는 그를 통한 가열 전류 및 전력을 조절하여, 스킵 (44) 및 (83)의 두께를 조절하면서 오리피스 (81)를 고정된 통로 크기로 유지함으로써 스트림 (56)의 유동을 바람직한 밸런스로 유지할 수 있다.

이제 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)의 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)의 조작에 대하여 도면을 참조하여 일반적으로 기술한다. 순수 금속 핵생성 캐스팅 시스템 (3)중 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)은 결점 및 불순물을 포함할 수 있거나 상대적으로 정제될 수 있는 주괴를 정제할 수 있다. 소모성 전극 (24)는 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)에 의하여 용융된다. 소모성 전극 (24)는 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)중에서 일렉트로 슬래그 정제용 시스템중의 용융된 슬래그와 접촉하여 설치된다. 전력이 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 및 주괴에 제공된다. 전력으로 인해 주괴는 용융된 슬래그와 접촉하고 있는 표면에서 용융을 일으키고 용융된 금속 소적을 형성한다. 용융물은 용융된 슬래그를 통하여 적하된다. 적하물은 용융된 슬래그를 통과한 후 일렉트로 슬래그 정제용 구조물 (30) 아래의 냉각 노상 구조물 (40)에 정제된 액상 금속의 형태로서 수집된다. 소모성 전극 (24)에서 유래한 산화물, 황화물, 오염물질, 및 다른 불순물은 주괴의 표면에 소적 형성되고 용융된 슬래그를 통과함에 따라 제거된다. 용융된 소적은 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)중의 오리피스 (81)에서 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)로부터 스트림 (56)으로서 배출된다. 본 발명에 의해 구체화된 바와 같이, 물품을 제조하는 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)의 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)에서 배출되는 스트림 (56)은 실질적으로 산화물, 황화물, 오염물질 및 다른 불순물을 함유하지 않는 정제된 금속을 포함한다.

냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)에서 배출되는 금속 스트림 (56)의 속도는 오리피스 (81) 위의 액상 금속 (46)의 정력학수력압을 조절함으로써 추가로 조절할 수 있다. 냉각 핑거 오리피스 구조물 (80)의 오리피스 (81) 위에 펼쳐져 있는 액상 금속 (46) 및 슬래그 (44) 및 (83)은 정력학수력압을 한정한다. 본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)을 갖는 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)이 주어진 일정한 정력수력압 및 일정한 크기의 오리피스 (81)로 조작되는 경우, 실질적으로 일정한 액상 금속의 유속을 확립할 수 있다.

전형적으로는, 용융 속도가 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)으로부터 스트림 (56)으로서 제거되는 속도와 일반적으로 동일한 것과 같이 정상상태 전류가 바람직하다. 그러나, 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)에 인가된 전류를 조정하여 오리피스 (81) 위에 다소간의 액상 금속 (46) 및 슬래그 (44) 및 (83)을 제공할 수 있다. 오리피스 (81) 위의 액상 금속 (46) 및 슬래그 (44) 및 (83)의 양은 주괴를 용융시키는 전력, 및 스킵을 생성시키는 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)의 냉각에 의해 결정된다. 인가된 전류를 조절함으로써, 오리피스 (81)을 통한 유동을 조절할 수 있다.

또한, 정상상태 조작을 확립하기 위하여 소모성 전극 (24)와 용융된 슬래그 (34)의 상부 표면의 접촉을 유지할 수 있다. 용융물 (46)으로의 소모성 전극 (24)의 강하 속도를 조절하여 소모성 전극 (24)와 용융된 슬래그 (34)의 상부 표면의 접촉이 정상상태 조작으로 유지되도록 보장할 수 있다. 따라서, 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)중에서 스트림 (56)으로부터의 정상상태 배출을 유지할 수 있다. 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)의 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)중에 형성된 금속의 스트림 (56)은 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)에서 배출되고, 핵생성 주조용 시스템 (2)로 공급된다. 핵생성 주조용 시스템 (2)는 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)과 함께 도 1에 도시되어 있다.

물품을 형성시키는 작용을 하는 핵생성 주조용 시스템 (2)는 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)의 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1)로부터 스트림 (56)을 수용하도록 위치된 분열 부위 (134)를 포함한다. 분열 부위 (134)는 스트림 (56)을 다수의 용융된 금속 소적 (138)로 전환시킨다. 스트림 (56)은 소적 (138)의 실질적으로 바람직하지 않은 산화를 방지하는데 충분한 조절된 대기 환경 (140)중에서 분열 부위 (134)로 공급된다. 조절된 대기 환경 (140)은 스트림 (56)의 금속과 반응하지 않는 임의의 가스 또는 가스들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들어, 스트림 (56)이 알루미늄 또는 마그네슘을 포함하는 경우, 조절된 대기 환경 (140)은 소적 (138)의 발화 위험성을 방지하는 환경을 제공한다. 전형적으로는, 임의의 고가의 가스 또는 질소가 일반적으로 본 발명의 범위내에 있는 대부분의 금속 및 합금과 비반응성이기 때문에 이들을 조절된 대기 환경 (140)에 사용하는데 적절하다. 예를 들어, 과도하게 질화되는 경향이 있는 금속 및 합금의 경우를 제외하고 저렴한 가스인 질소를 조절된 대기 환경 (140)에 사용할 수 있다. 또한, 금속이 구리를 포함하는 경우, 조절된 대기 환경 (140)은 질소 또는 아르곤, 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 금속이 니켈 또는 강철을 포함하는 경우, 조절된 대기 환경 (140)은 질소 또는 아르곤, 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다.

분열 부위 (134)는 스트림 (56)을 소적 (138)로 전화시키기 위해 임의의 적절한 장치를 포함할 수 있다. 예를 들어, 분열 부위 (134)는 스트림 (56)을 하나 이상의 분출구 (142)로 둘러싸는 가스 분무기를 포함할 수 있다. 스트림상에서 충돌하는 분출구 (142)로부터의 가스 유동은, 소적 (138)의 크기 및 속도를 조절할 수 있는 것과 마찬가지로 조절할 수 있다. 본 발명의 범위내에 있는 또다른 분무 장치는 가스 스트림 형태의 고압 분무 가스를 포함하고, 이는 조절된 대기 환경 (140)을 형성하는데 사용된다. 조절된 대기 환경 (140) 가스의 스트림은 금속 스트림 (56)과 충돌하여 금속 스트림 (56)을 소적 (138)로 전환시킬 수 있다. 다른 예시적인 형태의 스트림 분열은 스트림 (56)이 전류장에 수직한 자석을 갖는 직류(DC) 전원에 연결된 두 개의 전극 사이의 좁은 간극을 통하여 유동하는 자석식-수력학적 분무 장치, 및 기계적-형태의 스트림 분리 장치를 포함한다.

소적 (138)은 분열 부위 (134)로부터 하향으로 살포되어(도 1 참조), 일반적으로 분기된 원추형을 형성한다. 소적 (138)은 분열 부위 (134)와 주형 (146)에 의해 지지되어 있는 금속 주물의 상부 표면 (150) 사이의 거리로 정의된 냉각 대역 (144)를 가로지른다. 냉각 대역 (144)의 길이는 소적이 냉각 대역 (144)를 가로지르고 금속 주물의 상부 표면 (150)과 충돌할 때까지 소적의 부피 분율 일부를 고화시키는데 충분하다. 고화되는 소적 (138)의 일부(이하 "고상 부피 분율"로 칭함)는 주형 (146)에서 주형중의 액상 유동 특성이 실질적으로 소실되는 점도 변화 지점까지 조악한 수지상 결정 성장을 억제하는데 충분하다.

부분적으로 용융된/부분적으로 고화된 금속 소적(이하 "반고상 소적"으로 칭함)이 주형 (146)중에 수집된다. 반고상 소적은 고상 부피 분율 일부가 점도 변화 지점 미만인 경우 액상과 같은 거동을 하고, 반고상 소적은 주형의 모양을 확립하는데 충분한 유동성을 나타낸다. 일반적으로, 점도 변화 지점을 한정하는 고상 부피 분율의 상한은 약 40 부피% 미만이다. 예시적이 고상 부피 분율은 약 5 내지 약 40 부피%이고, 약 15 내지 약 30 부피% 범위의 고상 부피 분율은 점도 변화 지점에 역효과를 미치지 않는다.

소적 (138)의 분사는 주형 (146)중의 캐스팅의 표면에서 난류 대역 (148)을 생성시킨다. 난류 대역 (148)은 주형 (146)중에 약 0.005 내지 1.0 inch 범위의 대략적인 깊이를 가질 수 있다. 난류 대역 (148)의 깊이는 분무 가스 속도, 소적 속도, 냉각 대역 (144) 길이, 스트림 온도, 및 소적 크기를 포함하는 비제한적인 다양한 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)의 인자에 의존한다. 본 발명의 범위내에 있는 예시적인 주형중 난류 대역 (148)의 깊이는 약 0.25 내지 약 0.50 inch 범위이다. 일반적으로, 주형중의 난류 대역 (148)은 금속이 주로 액상 특성을 나타내는 주형중의 영역 보다 커서는 안된다.

전형적으로는, 난류 대역 (148)중의 보다 낮은 점도는 주물중에서 가스가 포집되어 기공이 생성되는 것을 최소화한다. 난류 대역 (148)중에서 고상인 평균 소적의 고상 부피 분율 일부가 약 50 부피% 미만인 경우, 주물중의 가스 포집이 최소화된다. 예를 들어, 난류 대역 (148)중에서 고상인 평균 소적의 고상 부피 분율 일부가 약 5 내지 약 40 부피%인 경우, 주형중의 가스 포집이 최소화된다.

주형(146)은 주물로부터 주형 (146) 벽을 통한 열 전도 및 주물의 상부 표면 (150)의 대류 차단에 의해 열을 추출해 낸다. 난류 대역 (148)은 그의 고유의 난류 성질에 의해 주물의 열 구배를 감소시킨다. 열 구배의 감소는 주물에 바람직하지 않은 주물의 고온 찢어짐 및 수지상결정의 조악화를 감소시킨다.

주형 (146)은 흑연, 주철 및 구리와 같은 비제한적인 임의의 적절한 주조용 재료로 제조될 수 있다. 흑연이 비교적 쉽게 가공할 수 있고 열 제거 목적에 만족할만한 열 전도성을 나타내기 때문에 적절한 주형 (146) 재료이다. 냉매를 순환시키기 위해 주형중에 매설할 수 있는 냉각 코일은 주형 (146)을 통한 열의 제거를 증진시킬 수 있다. 본 발명의 범위는 당업계에 공지되어 있는 바와 같이 다른 주형 냉각 수단을 포함한다. 본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 주형 (146)은 반고상 소적이 이미 부분적으로 고화되었기 때문에 종래의 주형에서와 같이 많은 열 보호를 필요로 하지 않는다. 따라서, 전체적으로 액상 금속으로 제조된 통상적인 주물과 비교하여 반고상 소적으로부터 얼마간의 열이 이미 제거되어 이들을 부분적으로 고화시키고, 반고상 소적이 주형중에 있을 때 제거될 열은 보다 작아진다. 열제거의 감소는 주형 (146)의 열적 유도 변형을 감소시킬 수 있고, 이는 주물로부터 균일한 열 제거 속도를 가져와서 주물의 균일성 및 균질성을 증진시킬 수 있다.

주형 (146)이 반고상 소적 (138)로 채워짐에 따라, 그의 상부 표면 (150)은 분열 부위 (134)에 근접하게 이동하고, 냉각 대역이 감소된다. 하나 이상의 분열 부위 (134) 또는 주형 (146)을 이동가능 지지대상에 설치하고 고정된 비율로 분리시켜 일정한 냉각 대역 (144) 면적을 유지시킬 수도 있다. 따라서, 일반적으로 소적 (138)중에는 일관된 고상 부피 분율 일부가 형성된다. 격벽 (152)를 핵생성 주조용 시스템 (2)에 제공하여 조절된 대기 환경 (140)을 일렉트로 슬래그 정제용 시스템으로부터 주형 (146)까지 확장시킬 수도 있다. 격벽 (152)는 부분적으로 용융된 금속 소적 (138)의 산화를 방지하고 조절된 대기 환경 가스 (140)을 보존할 수 있다.

### 발명의 효과

본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 열이 주물로부터 제거되어 고화 공정을 완성하고, 물품을 제조한다. 순수 금속 핵생성 주조 방법에 의해 제조된 주물중에는 충분한 핵이 형성되어 고상시에 미세한 등축 미세구조물 (149)가 주물 및 생성된 물품중에 형성될 수 있다. 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 (1) 의해 제조된 순수 금속 및 핵생성 주조용 시스템 (2)에 의해 제조된 조절된 미세구조물 주물을 포함하는 순수 금속 핵생성 주조 방법에 의해 다공성 및 고온 작용 균열이 감소되거나 실질적으로 제거된다.

본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)은 바람직하지 않은 수지상 결정 성장을 억제하고, 형성된 주물 및 물품의 고화 수축 다공성을 감소시키고, 주물 및 물품의 주조 동안 및 이어지는 고온 작용 동안 고온 안열을 감소시킨다. 또한, 본 발명에 의해 구체화된 바와 같이 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)은 물품중에 균일한 동축 구조를 생성시키며, 이는 주조 동안 주형의 최소 왜곡, 주형중에서 주물의 고화 동안 조절된 열 이전 및 조절된 핵생성의 결과이다. 순수 금속 핵생성 주조용 시스템 (3)은 종래의 주물과 비교하여 물품의 연성 및 파괴인성을 증진시킨다.

본 명세서에서 본 발명의 다양한 실시 양태에 대해 기술하였으나, 이로부터 요소, 변형 또는 개량의 다양한 조합이 당업계의 숙련자들에 의해 이루어질 수 있으며, 이는 본 발명의 범위내에 있다는 사실이 이해될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 의해 구체화된 바와 같은 물품을 제조하기 위한 일렉트로 슬래그 정제용 시스템 및 핵생성 주조용 시스템을 갖춘 순수 금속 핵생성 주조용 시스템의 개략도이다.

도 2는 도 1에 도시한 바와 같은 일렉트로 슬래그 정제용 시스템을 상세히 도시한 순수 금속 핵생성 주조용 시스템의 부분 개략 수직 단면도이다.

도 3은 물품을 제조하기 위한 순수 금속 핵생성 주조용 시스템의 일렉트로 슬래그 정제용 시스템을 상세히 도시한 부분 개략 수직 단면도이다.

도 4는 본 발명에 의해 구체화된 바와 같은 물품을 제조하기 위한 순수 금속 핵생성 주조용 시스템의 일렉트로 슬래그 정제용 시스템을 도시한 부분 개략 수직 단면도이다.

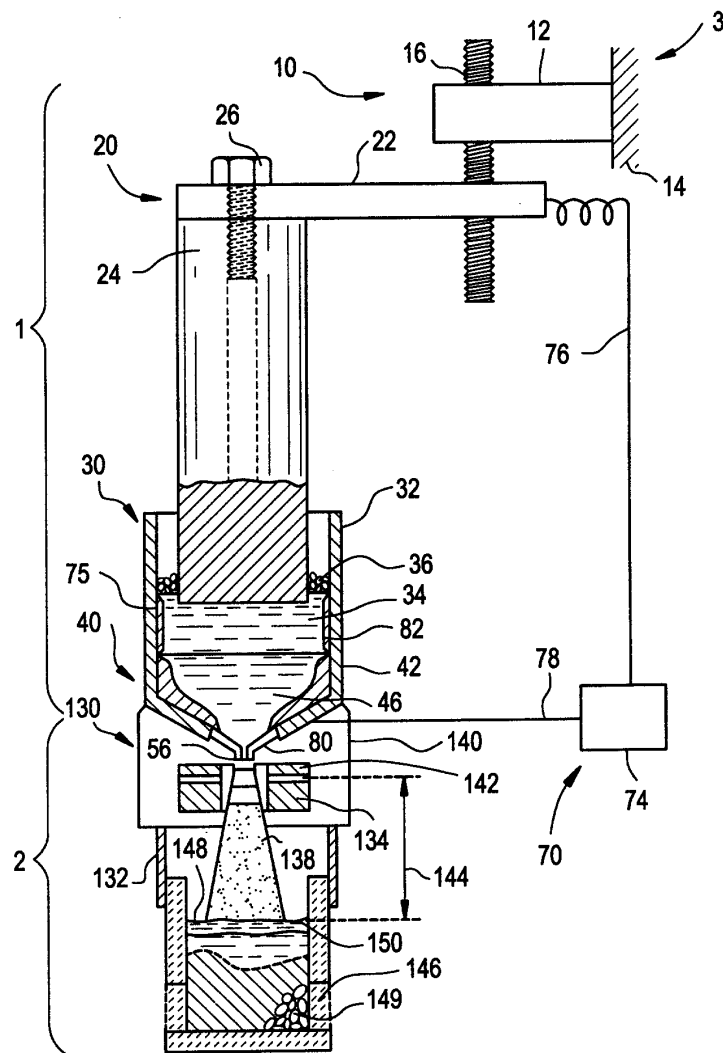
<도면의 부호에 대한 간단한 설명>

- 1: 일렉트로 슬래그 정제용 시스템
- 2: 조액화 주조용 시스템
- 3: 순수 금속 핵생성 주조용 시스템
- 10: 수직 동작 조절 장치
- 12: 박스
- 14: 수직 지지대
- 16: 나선 분재
- 20: 주괴 지지 구조물
- 22: 지지 부재
- 24: 소모성 금속 전극
- 26: 볼트
- 30: 일렉트로 슬래그 정제용 구조물
- 32: 저장기
- 34: 용융된 슬래그
- 36: 슬래그 과립
- 40: 냉각 노상 구조물
- 44, 83: 저장기 내벽
- 46: 순수 금속
- 56: 액체 용융물 스트림
- 70: 전류 공급 구조물
- 74: 전류 조절 메카니즘
- 75: 슬래그 스킵
- 76: 전기 전도체
- 80: 냉각 오리피스 구조물
- 81: 오리피스
- 82: 저장기 내벽
- 84: 저장기 외벽

- 85: 유도-가열용 코일
- 86: 냉매
- 87: 냉매 공급원
- 88: 냉각 노상 구조물 내벽
- 89: 전기 공급 장치
- 90, 92: 관형 구역
- 94, 99: 간극
- 97: 냉각 핑거
- 100: 냉각관
- 102: 분기관
- 104: 배수관
- 134: 분열 부위
- 138: 스트립 소적
- 140: 조절된 대기 환경
- 142: 분출구
- 144: 냉각 대역
- 146: 주형
- 148: 난류 대역
- 150: 금속 주물 상부 표면

도면

도면1





도면4

