



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.	(45) 공고일자	2007년05월14일
<i>B22D 23/10</i> (2006.01)	(11) 등록번호	10-0718407
	(24) 등록일자	2007년05월08일

(21) 출원번호	10-2002-7010967	(65) 공개번호	10-2002-0086908
(22) 출원일자	2002년08월22일	(43) 공개일자	2002년11월20일
심사청구일자	2005년03월29일		
변역문 제출일자	2002년08월22일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2000/008483	(87) 국제공개번호	WO 2001/62418
국제출원일자	2000년03월29일	국제공개일자	2001년08월30일

(81) 지정국 국내특허 : 일본, 대한민국,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

(30) 우선권주장 09/511,339 2000년02월23일 미국(US)

(73) 특허권자 제너럴 일렉트릭 캄파니
미합중국 뉴욕, 쉐넥테디, 원 리버 로우드

(72) 발명자 벤즈마크길버트
미국뉴욕주12027번트힐스파크우드드라이브11

카터윌리엄토마스주니어
미국뉴욕주12074갈웨이퍼쓰로드1949

자발라로버트존
미국뉴욕주12303쉐넥터디테리아비뉴39

누드센브루스엘런
미국뉴욕주12010암스테르담벨펜스로드238

(74) 대리인 김창세
장성구

(56) 선행기술조사문헌
미국특허공보 제3752215호

심사관 : 김종혁

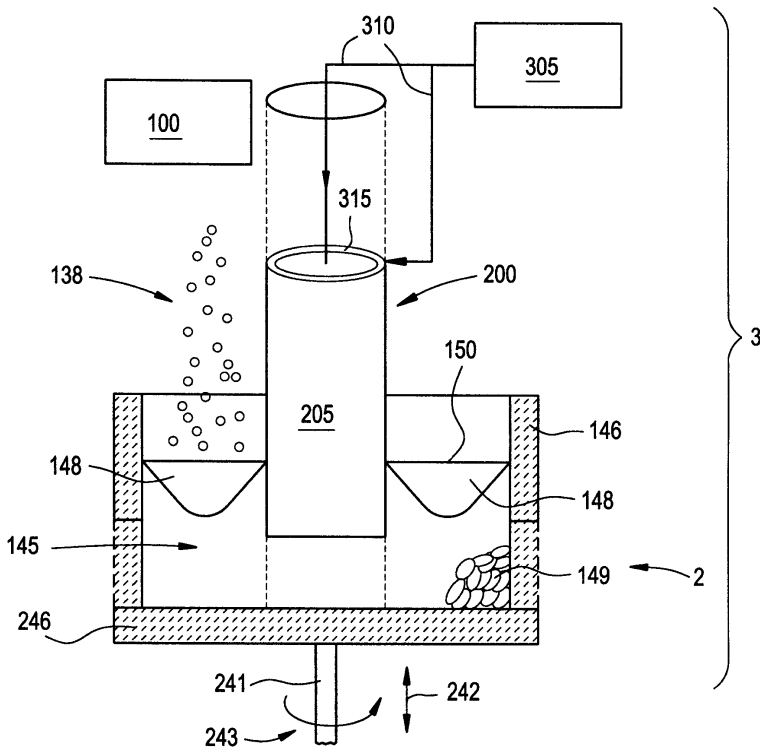
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 구조 장치 및 구조 방법

(57) 요약

주조 장치 및 방법은 중공 금속 주물을 형성하며, 중공 금속 주물은 미세 입상의 균질한 미세 조직을 포함한다. 미세 조직은 본질적으로 산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 또한 본질적으로 액체 상태에서 고체 상태로 응고되는 동안 포획된 공기에 의해 발생하는 보이드가 없다. 중공 주물을 형성하기 위한 주조 시스템(3)은 일렉트로슬래그 정련 시스템과, 주물이 응고되는 핵형성 주조 시스템(2)과, 상기 핵형성 주조 시스템의 주물(145)의 액상 부분(148)에 적어도 배치된 냉각식 맨드릴 조립체(205)를 포함한다. 금속 주물의 액상 부분이 본질적으로 산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 또한 본질적으로 액체 상태에서 고체 상태로 응고되는 동안 포획된 공기에 의해 발생하는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직을 포함하는 미세 조직을 구비한 중공 주물을 형성할 수 있도록 냉각식 맨드릴 조립체 주위에서 응고된다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1.

산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 액체 상태에서 고체 상태로의 금속의 응고 동안 포획된 공기에 의해 발생하는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직을 포함하는 중공 금속 주물을 형성하기 위한 주조 장치에 있어서,

일렉트로슬래그 정련 시스템과,

주물이 응고되는 핵형성 주조 시스템과,

상기 핵형성 주조 시스템의 주물의 액상 부분에 배치된 냉각식 맨드릴 조립체를 포함하며, 상기 금속 주물의 액상 부분이 산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 또한 액체 상태에서 고체 상태로 응고되는 동안 포획된 공기에 의해 발생하는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직을 포함하는 미세 조직을 구비한 중공 주물을 형성할 수 있도록 상기 냉각식 맨드릴 조립체 주위에서 응고되며,

상기 핵형성 주조 시스템은,

액체 금속의 흐름을 용융 금속 액적으로 형성시키는 분열부와,

상기 용융 금속 액적을 수용하는 냉각 구역으로서, 상기 용융 금속 액적은 각각의 반고형 액적의 평균적으로 5체적% 내지 40체적%가 고형이고, 상기 반고형 액적의 나머지는 용융된 상태로 있도록 상기 냉각 구역내에서 반고형 액적으로 응고되는, 상기 냉각 구역과,

액상 부분내의 액적을 수집하여 상기 냉각식 맨드렐 조립체 주위에서 액적을 응고시킴으로써 산화물 및 황화물이 없고 편석 결함이 없으며 액체 상태에서 고체 상태로의 금속의 응고 동안 포획된 공기에 의해 발생하는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직을 갖는 중공 주물을 형성하는 몰드를 포함하는

주조 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 일렉트로슬래그 정련 시스템은,

정련 용융 슬래그를 수용 및 유지하기 위한 일렉트로슬래그 정련 구조체와,

상기 일렉트로슬래그 정련 구조체내의 정련될 금속의 공급원과,

상기 일렉트로슬래그 정련 구조체내의 용융된 슬래그로서, 상기 금속의 공급원은 상기 용융된 슬래그와 접촉 상태로 배치되는, 상기 용융된 슬래그와,

전극으로서의 상기 금속 공급원에 전류를 공급하고 또한 용융된 슬래그를 통해 상기 슬래그 아래의 정련된 금속에 전류를 공급하여 상기 정련 슬래그를 용융된 상태로 유지하고 슬래그와 접촉하는 금속의 공급원의 단부를 용해시키기 위한 전력 공급원과,

정련이 진행됨에 따라 상기 전극의 접촉된 표면이 용해되는 속도와 일치하는 속도로 상기 금속의 공급원을 상기 용융된 슬래그와 접촉되게 전진시키는 전진 디바이스와,

상기 일렉트로슬래그 정련 구조체 아래의 냉간 노상 구조체로서, 일렉트로슬래그 정련된 용융 금속을 수용하여 냉각 노상 용기의 벽상에 형성된 정련된 금속의 고형 스킨과 접촉된 상태로 유지하기 위한, 상기 냉간 노상 구조체와,

상기 용융된 슬래그 아래에서 상기 냉간 노상 구조체내의 정련된 용융 금속과,

상기 냉간 노상 아래의 냉간 핑거 오리피스 구조체로서, 상기 일렉트로슬래그 정련 시스템에 의해 처리된 정련된 용융 금속의 흐름을 수용하여 냉각 노상 구조체를 통해 분배하며 오리피스를 갖는, 상기 냉간 핑거 오리피스 구조체와,

상기 냉간 노상 구조체 및 상기 오리피스를 포함하는 냉간 핑거 오리피스 구조체와 접촉하는 응고된 정련 금속의 스킨을 포함하는

주조 장치.

청구항 3.

삭제

청구항 4.

삭제

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 주물의 액상 부분은 상기 주물의 상측 영역내의 금속 액적에 의해 발생되며, 상기 액상 부분내에서 평균적으로 평균 액적의 50체적% 미만이 고체인

주조 장치.

청구항 6.

제 1 항에 있어서,

상기 냉각식 맨드렐 조립체는 수냉식 맨드렐을 포함하는

주조 장치.

청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 수냉식 맨드렐은 중실 맨드렐 및 관형 맨드렐중 적어도 하나를 포함하는

주조 장치.

청구항 8.

제 1 항에 있어서,

상기 주물은 니켈계 금속, 코발트계 금속, 티타늄계 금속 또는 철계 금속 중 적어도 하나로 이루어지는

주조 장치.

청구항 9.

제 1 항에 있어서,

상기 주물은 터빈 구성요소를 포함하는

주조 장치.

청구항 10.

산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 액체 상태에서 고체 상태로의 금속의 응고 동안 포획된 공기에 의해 발생되는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직으로 구성된 중공 금속 주물을 생성하기 위해 중공 용융을 위한 주물을 형성하는 주조 장치에 있어서,

액체 금속 공급원과,

상기 액체 금속 공급원으로부터의 상기 액체 금속의 흐름을 용융된 금속 액적으로 형성하는 금속 분열부와,

상기 용융 금속 액적을 수용하는 냉각 구역으로서, 상기 용융 금속 액적은 각각의 반고형 액적의 평균적으로 5체적% 내지 40체적%가 고형이고, 상기 반고형 액적의 나머지는 용융된 상태로 있도록 상기 냉각 구역내에서 반고형 액적으로 응고되는, 상기 냉각 구역과,

상기 주물의 액상 부분에 배치된 냉각식 맨드렐 조립체와,

액상 부분내의 액적을 수집하여 상기 냉각식 맨드렐 조립체 주위에서 액적을 응고시킴으로써 산화물 및 황화물이 없고 편석 결함이 없으며 액체 상태에서 고체 상태로의 금속의 응고 동안 포획된 공기에 의해 발생되는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직을 갖는 중공 주물을 형성하는 몰드를 포함하는

주조 장치.

청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 냉각식 맨드렐 조립체는, 상기 냉각식 맨드렐 조립체상에 직접 냉각제를 가하도록 냉각제 도관과 냉각제 공급원을 포함하는

주조 장치.

청구항 12.

제 10 항에 있어서,

상기 냉각식 맨드렐 조립체는 중실 냉각식 맨드렐 및 관형 냉각식 맨드렐중 적어도 하나를 포함하는

주조 장치.

청구항 13.

제 10 항에 있어서,

상기 주물은 니켈계 금속, 코발트계 금속, 티타늄계 금속 또는 철계 금속 중 적어도 하나로 이루어지는

주조 장치.

청구항 14.

제 10 항에 있어서,

상기 주물은 터빈 구성요소를 포함하는

주조 장치.

청구항 15.

산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 액체 상태에서부터 고체 상태로의 금속의 응고 동안 포획된 공기에 의해 발생되는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직으로 구성된 중공 금속 주물을 형성하기 위해 중공 용융을 위한 주물을 형성하는 주조 방법에 있어서,

일렉트로슬래그 정련에 의해 산화물 및 황화물이 정련된 청정 정련 금속의 공급원을 형성하는 단계와,

핵형성 주조 공정에 의해 중공 주물을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 핵형성 주조 공정에 의해 중공 주물을 형성하는 상기 단계는 냉각식 맨드렐 조립체 주위에서 상기 주물을 응고시켜서 중공 주물을 형성하는 단계를 포함하며, 미세 입상의 균질한 미세 조직을 포함하는 중공 주물 미세 조직은 산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 또한 액체 상태에서부터 고체 상태로 응고되는 동안 포획된 공기에 의해 발생되는 보이드가 없으며,

상기 주물 형성 단계는,

청정 금속 공급원으로부터의 청정 금속 흐름을 용융된 금속 액적으로 분열시키는 단계와,

평균적으로 각 액적의 5체적% 내지 40체적%가 고품이고 각 액적의 나머지는 용융된 상태로 있도록 용융된 금속 액적을 부분적으로 응고시키는 단계와,

부분적으로 응고된 액적을 중공 주물을 형성하는 몰드내에서 냉각식 맨드렐 조립체 주위에 수집하여 응고시키는 단계로서, 상측 표면에서 액적에 의해 난류 구역이 발생되며, 상기 난류 구역내에 액적을 수집하여 평균적으로 액적의 50체적% 미만을 응고시키는, 상기 수집하여 응고시키는 단계를 포함하는

주조 방법.

청구항 16.

제 15 항에 있어서,

일렉트로슬래그 정련을 포함하는 공급원을 형성하는 단계는,

정련될 금속의 공급원을 제공하는 단계와,

상기 금속의 공급원의 일렉트로슬래그 정련을 위한 일렉트로슬래그 정련 구조체를 제공하고 또한 용기내에 용융된 슬래그를 제공하는 단계와,

용융된 슬래그 아래에 정련된 용융 금속을 유지하기 위한 냉각 노상 구조체를 제공하고 또한 상기 냉각 노상 구조체내에 정련된 용융 금속을 제공하는 단계와,

상기 일렉트로슬래그 정련 구조체내로 삽입하여 일렉트로슬래그 정련 구조체내의 용융된 슬래그와 접촉하도록 상기 금속 공급원을 장착하는 단계와,

전력을 공급하기 위한 전력 공급원을 제공하는 단계와,

상기 금속 공급원을 일렉트로슬래그 정련하도록 회로를 통해 전력을 공급하는 단계로서, 상기 회로를 전력 공급원, 금속 공급원, 용융된 슬래그 및 일렉트로슬래그 정련 구조체를 포함하는, 상기 전력 공급 단계와,

상기 금속 공급원이 용융된 슬래그와 접촉하는 부분에서 금속 공급원을 저항 용융하여 용융된 금속 액적을 형성하는 단계와,

용융된 액적이 용융된 슬래그를 통해 낙하되도록 하는 단계와,

용융된 액적이 용융된 슬래그를 통과한 후 일렉트로슬래그 정련 구조체의 바로 아래의 냉간 노상 구조체내의 정련된 액체 금속으로서 용융된 액적을 수집하는 단계와,

상기 냉간 노상 구조체의 하부에 오리피스를 갖는 냉간 핑거 오리피스 구조체를 제공하는 단계와,

상기 냉간 핑거 오리피스 구조체의 오리피스를 통해 상기 냉간 노상 오리피스 구조체내에 수집되는 일렉트로슬래그 정련된 금속을 배출하는 단계를 포함하는

주조 방법.

청구항 17.

제 16 항에 있어서,

상기 금속 공급원은 니켈계 금속, 코발트계 금속, 티타늄계 금속 또는 철계 금속 중 적어도 하나로부터 선택된 합금을 포함하며, 상기 정정 금속 핵형성 주조 공정에 의해 형성된 주물은 니켈계 금속, 코발트계 금속, 티타늄계 금속 또는 철계 금속 중 적어도 하나로 이루어지는

주조 방법.

청구항 18.

제 16 항에 있어서,

상기 금속 공급원을 정련 구조체내로 전진시키는 속도는 저항 용융의 속도와 일치하는

주조 방법.

청구항 19.

제 16 항에 있어서,

상기 배출 단계는 용융 금속의 흐름을 형성하는 단계를 포함하는

주조 방법.

청구항 20.

제 16 항에 있어서,

상기 일렉트로슬래그 정련 구조체와 냉간 노상 구조체는 동일한 구조체의 상측 및 하측 부분을 포함하는 구조 방법.

청구항 21.

제 16 항에 있어서,
상기 전력 공급 단계는 정련된 액체 금속내에 회로를 형성하는 단계를 포함하는 구조 방법.

청구항 22.

제 16 항에 있어서,
상기 배출 단계는 저항 용융의 속도와 동일한 배출 속도를 설정하는 단계를 포함하는 구조 방법.

청구항 23.

삭제

청구항 24.

제 15 항에 있어서,
상기 용융된 금속 액적을 부분적으로 응고시키는 단계는 평균적으로 액적의 15체적% 내지 30체적%를 응고시키는 구조 방법.

청구항 25.

제 15 항에 있어서,
상기 부분적으로 응고된 액적을 수집 및 응고시키는 단계는 액적의 5체적% 내지 40체적%를 수집하여 응고시키는 단계를 포함하는 구조 방법.

청구항 26.

제 15 항에 있어서,
상기 분열시키는 단계는 적어도 하나의 분무 가스 제트를 흐름상에 충돌시키는 단계를 포함하는 구조 방법.

청구항 27.

삭제

청구항 28.

제 16 항에 있어서,

상기 냉각 단계는 냉각제를 상기 냉각식 맨드렐 조립체에 제공하는 냉각제 공급원과 냉각제 도관을 포함하는
주조 방법.

청구항 29.

제 16 항에 있어서,

상기 냉각식 맨드렐 조립체는 중실 맨드렐 및 관형 맨드렐중 적어도 하나를 포함하는
주조 방법.

청구항 30.

산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 액체 상태에서부터 고체 상태로의 금속의 응고 동안 포획된 공기에 의해 발생되는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직으로 구성된 중공 금속 주물을 형성하기 위해 중공 용융을 위한 주물을 형성하는 주조 방법에 있어서,

금속에서 산화물 및 황화물이 정련된 청정 정련 금속의 공급원을 형성하는 단계와,

핵형성 주조 공정에 의해 주물을 냉각식 맨드렐 조립체 주위에 형성하는 단계를 포함하며,

상기 핵형성 주조 공정에 의해 주물을 냉각식 맨드렐 조립체 주위에 형성하는 상기 단계가 산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 또한 액체 상태에서부터 고체 상태로 응고되는 동안 포획된 공기에 의해 발생되는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직을 포함하는 미세 조직을 가진 중공 주물을 형성하며,

상기 핵형성 주조 공정은 핵형성 주조 시스템에 의해 실행되며,

상기 핵형성 주조 시스템은,

액체 금속의 흐름을 용융 금속 액적으로 형성시키는 분열부와,

상기 용융 금속 액적을 수용하는 냉각 구역으로서, 상기 용융 금속 액적은 각각의 반고형 액적의 평균적으로 5체적% 내지 40체적%가 고형이고, 반고형 액적의 나머지는 용융된 상태로 있도록 상기 냉각 구역내에서 반고형 액적으로 응고되는, 상기 냉각 구역과,

액상 부분내의 액적을 수집하여 상기 냉각식 맨드렐 조립체 주위에서 액적을 응고시킴으로써 산화물 및 황화물이 없고 편석 결함이 없으며 액체 상태에서부터 고체 상태로의 금속의 응고 동안 포획된 공기에 의해 발생되는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직을 갖는 중공 주물을 형성하는 몰드를 포함하는

주조 방법.

명세서

기술분야

본 발명은 주물을 형성하는 주조 시스템 및 방법에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 관형 주물을 형성하는 청정 금속 핵형성 주조 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

철-(Fe), 니켈-(Ni), 티타늄-(Ti) 및 코발트-(Co)계 합금과 같은 금속은 종종 터빈 구성요소에 사용되는데, 이러한 구성요소에는 미립자 미세 조직, 균질성 및 실질적으로 무결함인 조성이 요구된다. 초합금 주물 및 잉곳(ingot)에서의 문제점은 초합금 형성과 관련된 비용이 고가이기 때문에 바람직하지 못하며, 이러한 문제점의 결과로, 특히 터빈 구성요소로 형성되는 잉곳에서의 문제가 바람직하지 못하다. 주물을 제조하기 위한 종래의 시스템은 주물로 제조되는 구성요소에 바람직하지 못한 결과를 초래할 수 있는 불순물, 오염물 및 기타 구성물의 양을 감소시키려고 시도하고 있다. 그러나, 초합금과 같은 비교적 대형의 금속 몸체의 처리 및 정련(refining)은 종종 균질성의 무결함 조직을 달성함에 있어서의 문제를 수반한다. 이들 문제는 적어도 부분적으로 금속 몸체의 큰 부피와 주조 및 잉곳의 응고 동안의 액상 금속의 양 및 깊이에 기인한다고 여겨진다.

초합금과 관련하여 종종 야기될 수 있는 하나의 문제는 정련된 금속의 입자 크기 및 기타 미세 조직을 제어하는 것을 포함한다. 통상적으로, 정련 처리는 금속의 대형 몸체의 순차적 가열, 용융, 성형, 냉각 및 재가열과 같은 다수의 단계를 포함하는데, 이는 정련된 금속의 체적이 대체로 적어도 약 5,000 파운드이고 약 35,000 파운드 이상으로 될 수 있기 때문이다. 다음에 금속은 소망의 구성 또는 형상으로 가공되며, 이러한 가공된 금속은 다양한 응용에 사용될 수 있다. 또한, 관형, 중공, 링 또는 환형[이후에는 "중공(hollows)"이라고 함]으로 필요하다면 한번 가공된 금속은 본래의 이형주조 구성으로부터 소망의 중공 구성으로 더 가공되어야 한다. 이러한 추가 공정으로는 사출, 압연 형성, 링 롤링 및 다른 기계가공 공정이 있으며, 이것으로 제한되지 않는다. 물론 이러한 추가 공정은 비용이 많이 들고 번거롭다.

또한, 가공이 금속의 큰 본체상에서 실행될 때 합금 또는 성분의 편석의 문제가 발생된다. 종종, 금속의 대형 가공 및 정련 조작을 이용해서 상술한 문제점을 해결하기 위해서 시간이 많이 걸리고 비용이 많이 드는 가공 단계의 시퀀스가 선택된다. 산업계에 사용되는 공지된 시퀀스는 순차적으로 진공 유도 용융; 일렉트로슬래그(electroslag) 정련(미국 특허 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 및 제 5,810,066 호에 개시된 것과 같음. 상기 특허는 모두 본 출원인에게 양도됨); 진공 아크 정련(vacuum arc refining: VAR) 및 미세한 미세 조직을 달성하기 위한 단조 및 인발을 통한 기계적 가공을 포함한다. 이러한 시퀀스에 의해 제조된 금속은 매우 유용하며 금속 제품 자체가 매우 가치있지만, 처리 공정은 매우 고가이며 시간 소모적이다. 다른 공정은 주물의 중공 응용을 위해 요구될 수도 있다. 또한, 이러한 시퀀스로부터의 수익률은 낮아서 비용 증가를 초래할 수 있다. 또한, 처리 시퀀스는 무결함 금속을 보장하지 않으며, 이러한 결함을 포함하는 모든 구성요소를 식별하여 제거하기 위해 일반적으로 초음파 검사가 적용되는데, 이것은 비용을 더 증가시킨다.

종래의 일렉트로슬래그 정련 공정은 통상적으로 용융된 정련 금속층상에 부유하는 슬래그-정련 층을 내포하는 정련 용기를 사용한다. 정련되지 않은 금속의 잉곳이 일반적으로 소비성 전극으로 사용되고 용기내로 하강되어 용융된 일렉트로슬래그 층과 접촉한다. 전류가 슬래그 층을 지나 잉곳으로 흘러 잉곳과 슬래그 층 사이의 계면에서의 표면 용융을 야기한다. 잉곳이 용융됨에 따라, 산화물 함유물 또는 불순물이 슬래그에 노출되어 잉곳과 슬래그 사이의 접촉 지점에서 제거된다. 정련된 금속의 액적(droplet)이 형성되고, 이들 액적은 슬래그를 지나 슬래그 아래의 용융 정련 금속의 풀(pool)내에 수집된다. 다음에 이 정련된 금속은 통상적으로 고형 바의 형상인 주물 또는 잉곳(이하, 총체적으로 "주물"로 지칭됨)으로 형성될 수 있다.

상기 일렉트로슬래그 정련 및 생성된 주물은 정련 전류의 세기, 비입열(比入熱) 및 용융 속도(이에 한정되지는 않음)와 같은 개개의 공정 파라미터간의 관계에 좌우될 수 있다. 이 관계는 금속의 일렉트로슬래그 정련 속도와, 금속 잉곳 및 주조 온도, 정련된 용융 금속 주물이 그 액체 상태에서 고체 상태로 냉각되는 속도(이들은 모두 생성된 주물의 불량한 야금학적 조직을 초래할 수 있음) 사이의 바람직하지 못한 상호의존성을 포함한다.

또한, 상술한 종래의 일렉트로슬래그 정련은 주물내의 액상 부분의 양 및 깊이에 대한 제어를 제공할 수 없을 수 있다. 감소된 응고 속도는 주물이 바람직하지 못한 성질 및 특성을 갖도록 할 수 있다. 예를 들면, 제한적인 것은 아니지만, 바람직하지 못한 특성은 비균질성 미세 조직, 불순물, 보이드 및 개재물(이에 한정되지 않음)을 포함하는 결함, 편석, 및 느린 응고에 기인한 포획된 공기로부터 발생하는 다공성(비치밀) 재료를 포함할 수 있다.

종래의 일렉트로슬래그 정련 처리와 관련될 수 있는 다른 문제는 상술한 일렉트로슬래그 도가니내의 비교적 깊은 금속 풀의 형성을 포함한다. 깊은 용융 풀은 금속내의 성분의 거시적 편석 정도의 변화를 야기하는데, 이러한 변화는 미립자 미세 조직이 아닌 미세 조직과 같은 덜 바람직한 미세 조직 및 기본 종(elemental species)의 편석을 초래하여 비균질 조직을 형성한다. 이러한 깊은 용융 풀 문제를 극복하기 위해 일렉트로슬래그 정련 공정과 조합하여 후속의 처리 작업이 제안되어 있다. 이 후속 처리는 진공 아크 재용융(vacuum arc remelting: VAR)일 수 있다. 진공 아크 재용융은 비교적 얇은 용융 풀을 생성하도록 진공 아크 단계에 의해 잉곳이 처리될 때 개시되는데, 이에 의해 보다 낮은 수소 함량을 가질 수 있는 개선된 미세 조직이 생성된다. 진공 아크 정련 공정 다음에, 생성된 잉곳은 그 뒤 기계적으로 가공되어 바람직한 미립자 미세 조직을 갖는 금속 스톡(stock)을 형성한다. 이러한 기계적 가공은 단조, 인발 및 열처리 단계의 조합을 포함할 수 있다. 이러한 열-기계적 처리는 에너지 입력 양이 많아 비용이 많이 들뿐만 아니라 대형의 고가인 장비를 요구한다.

바람직한 주물 미세 조직을 제공하기 위한 일 시도가 미국 특허 제 5,381,847 호에 제안되어 있는데, 여기서는 수직 주조 공정이 수지상 결정성장(dendritic growth)을 제어함으로써 입자 미세 조직을 제어하도록 시도한다. 이 공정은 일부 응용에 유용한 미세 조직을 제공할 수 있지만, 수직 주조 공정은 이에 한정되는 것은 아니지만 불순물, 산화물 및 기타 바람직하지 못한 구성물을 포함하는 공급원 금속 함량을 제어하지 못한다. 또한, 이러한 공정은 중공 응용에 용이한 주물을 생성하지 못하는 것으로 공지되어 있다. 상기 특허에 개시된 바와 같은 공정은 또한 깊이 또는 액상 부분을 제어하지 못하고, 또는 주물의 미세 조직 및 특성에 악영향을 미칠 수 있는 주물의 응고 속도를 향상시키는 어떤 것을 제공하지 못한다.

따라서, 비교적 균질한, 미립자 미세 조직을 갖는 주물을 생성하는 금속 주조 공정으로서, 주물의 액상 부분의 깊이를 제어하는 다수의 처리 단계에 의존하지 않는 공정을 제공할 필요성이 존재한다. 또한, 중공 응용에 적당한 주물을 생성하는 금속 주조 공정 및 시스템을 제공할 필요성이 존재한다. 또한, 비교적 균질한, 산화물이 없는 미립자 미세 조직을 갖는 주물을 생성하는 금속 주조 시스템을 제공할 필요성이 존재한다. 또한, 본질적으로 느린 응고 속도에 기인한 산화물 및/또는 포획된 공기가 없는 주물을 생성하는 금속 주조 공정 및 시스템을 제공할 필요성이 존재한다.

발명의 요약

본 발명의 일 특징에 따르면 중공 금속 주물을 형성하기 위한 주조 시스템이 제공된다. 중공 금속 주물은 미세 입상의 균질한 미세 조직을 포함한다. 상기 미세 조직은 본질적으로 산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 또한 본질적으로 액체 상태에서부터 고체 상태로의 금속의 응고 동안에 포획된 공기에 의해 발생하는 보이드가 없다. 중공 주물을 형성하기 위한 주조 시스템은 일렉트로슬래그 정련 시스템과, 주물이 응고되는 핵형성 주조 시스템과, 핵형성 주조 시스템내의 주물의 액상 부분에 적어도 배치된 냉각식 맨드렐 조립체를 포함한다. 금속 주물의 액상 부분은, 본질적으로 산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 또한 액체 상태에서부터 고체 상태로 응고되는 동안 포획된 공기에 의해 발생하는 보이드가 본질적으로 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직을 포함하는 미세 조직을 가진 중공 주물을 형성할 수 있도록 냉각식 맨드렐 조립체 주위에서 응고된다.

본 발명의 다른 특징은 중공 금속 주물을 형성하는 방법을 제공하며, 중공 금속 주물은 미세 입상의 균질한 미세 조직을 포함한다. 상기 미세 조직은 본질적으로 산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 또한 본질적으로 액체 상태에서부터 고체 상태로의 금속의 응고 동안 포획된 공기에 의해 발생하는 보이드가 없다. 중공 주물을 형성하는 주조 방법은 액체 금속 공급원을 제공하는 단계와, 중공 주물이 응고되는 핵형성 주조 시스템을 제공하는 단계와, 핵형성 주조 시스템내의 주물의 액상 부분내에 적어도 배치된 냉각식 맨드렐 조립체를 제공하는 단계를 포함한다. 금속 주물의 액상 부분은 본질적으로 산화물 및 황화물이 없고, 편석 결함이 없으며, 또한 본질적으로 액체 상태에서부터 고체 상태로 응고되는 동안 포획된 공기에 의해 발생하는 보이드가 없는 미세 입상의 균질한 미세 조직을 포함하는 미세 조직을 구비한 중공 주물을 형성할 수 있도록 냉각식 맨드렐 조립체 주위에서 응고된다.

본 발명의 상기 및 기타 관점, 장점 및 현저한 특징은, 첨부된 도면(도면 전반에 걸쳐 동일한 부분에는 동일한 참조부호가 부여됨)과 관련하여 본 발명의 실시예를 기술하는 다음의 상세한 설명으로부터 명확하게 될 것이다.

발명의 상세한 설명

본 발명에 의해 구현되는 것과 같은, 중공 응용을 위한 주물을 형성하는 주조 시스템 및 방법은 이에 한정되는 것은 아니지만 일렉트로슬래그 정련 및 냉각-유도 가이드에 의한 수직 주조를 포함하는 수직 주조 시스템 및 주조 시스템에 제공될 수 있다. 이하, 중공 응용을 위한 주물을 형성하는 시스템 및 방법을 도 2 내지 도 5에 도시된 바와 같은 일렉트로슬래그 정련 및 냉각-유도 가이드에 의한 수직 주조에 대해 설명한다. 그러나, 이러한 설명은 본 발명을 한정하려는 의도는 아니고, 본 발명의 범위는 정련 금속 공급원(100)(도 1)으로부터 공급된 용융된 금속과 같은 다른 금속 형성 공정 및 시스템에 의해 중공 응용을 위한 주물을 형성하는 주조 시스템 및 방법을 포함한다.

중공 응용을 위한 주물을 형성하는 주조 시스템 및 방법은 본질적으로 산화물 및 불순물이 없는 특성을 가진 주물을 생성할 수 있다. 또한 형성될 주물은 치밀하며 본질적으로 기공이 없다. 여기에서 용어 "주물"은 예비성형품, 잉곳 등과 같은 임의의 주물을 포함한다. 용어 "본질적으로 없는"은 재료내의 임의의 구성요소가 재료 예를 들면 그 강도 및 관련된 특성에 악영향을 미치지 않는 것을 의미하며, 용어 "본질적으로 기공이 없는"은 재료가 치밀하고 포획된 공기의 양이 최소이며 재료에 악영향을 미치지 않는 것을 의미한다.

본 발명에 의해 구현되는 바와 같은, 중공 응용을 위한 주물을 형성하는 주조 시스템 및 방법에 대한 청정-액체 금속 공급원은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 일렉트로슬래그 정련 단계에 기인하여 청정 액체 금속을 제공할 수 있는 일렉트로슬래그 정련 장치와 같은 적절한 액체 금속 공급원(100)(도 1)을 포함할 수 있다. 예를 들면, 본 발명을 제한하지 않는 방식으로, 일렉트로슬래그 정련 장치는 본 출원인에 양도된 상기 특허에 기재된 바와 같이, 냉각-유도 가이드(cold-induction guide: CIG)와 협동하는 일렉트로슬래그 정련(electroslag refining: ESR) 시스템을 포함할 수 있다.

대안적으로, 중공 응용을 위한 주물을 형성하는 주조 시스템 및 방법에 대해 공급원은 미국 특허 제 5,381,847 호에 개시된 바와 같은 수직 주조 장치를 포함할 수 있다. 따라서, 핵형성 주조 시스템은 다수의 용융 금속 액적이 형성되어 냉각 구역을 통과하도록 하는데, 이 냉각 구역은 평균적으로 각각의 액적의 약 30체적%까지가 응고되도록 하기에 충분한 길이를 갖도록 형성된다. 액적은 그 뒤 몰드에 의해 수용되며 금속 액적의 응고는 이에 한정되는 것은 아니지만 본 발명에 의해 구현되는 바와 같은 보조 냉각과 같이 몰드내에서 완료된다. 액적의 약 30체적% 미만이 고체상태일 때 액적은 액체 특성 상태로 남으며 몰드내에서 쉽게 이동한다.

금속의 액상 부분의 응고 속도를 향상시키기 위해서, 중공 응용을 위한 주물을 형성하기 위한 주조 시스템 및 방법은 물(이것으로만 한정되지 않음)과 같은 냉각제를 중심에 배치된 냉각식 맨드렐 조립체상에 직접 제공한다. 맨드렐은 물(이것으로만 한정되지 않음)과 같은 적절한 냉각제에 의해 냉각되며, 단지 예로서 "수냉식 맨드렐"이라고 할 수 있다. 맨드렐은 중실이며 원통형 관형 구조로 선택적으로 제공될 수 있으며 주조 시스템에서 정련된 액체 금속과 접촉되는 경우에 그 구조를 유지할 수 있는 샤프트형 요소를 포함한다. 따라서, 맨드렐(또한 샤프트, 축, 로드 또는 유사한 구조적 설명 용어로서 공지됨)은 주물이 그 주위에서 응고될 수 있도록 주조 시스템에서 비용융성이며 구조적으로 안정성을 유지한다.

맨드렐 조립체는 주물내에 배치되며, 예를 들면 중실 또는 관형 맨드렐과 같은 적어도 하나의 맨드렐과, 맨드렐 및 주물을 냉각시키기 위해 맨드렐에 공급되는 냉각제의 공급원을 포함한다. 예를 들면, 본 발명을 제한하는 것은 아니지만, 맨드렐 조립체는 주물의 고체 부분으로부터 액상 부분까지 연장된다. 따라서, 맨드렐 조립체는 중공 응용에 적당한 환형 구성을 가진 주물로 주물이 응고되게 한다. 맨드렐 조립체는 주물의 부분에 냉각제를 제공하고 주물의 냉각을 향상시킬 수 있는 공기를 제공함으로써 주물의 액상 부분의 냉각을 향상시킨다. 냉각제 및 공기는 주물의 액상 부분의 온도를 감소시킬 것이며, 주물의 액상 부분의 신속한 냉각 및 개선된 응고를 제공한다. 액상 부분의 신속한 냉각 및 개선된 응고는 작동 동안에 발생되거나 그 내부에 보유될 수 있는 포획된 가스의 양을 감소시킬 것이며, 그에 따라 포획된 가스 보이드를 거의 포함하지 않은 치밀한 주물을 형성한다.

또한, 액상 상부 부분의 신속한 냉각 및 개선된 응고 속도는 입자 크기를 감소시킴으로써 주물의 미세 조직 특성을 향상시키고 본질적으로 편석이 없는 미세 조직 및 균질한 미세 조직을 제공한다. 본 발명에 의해 구현되는 바와 같은 중공 응용을 위한 주물을 형성하는 주조 공정은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 터빈 구성요소 응용에 종종 사용되는 니켈-(Ni) 및 코발트-(Co)계 초합금, 철-(Fe), 티타늄-(Ti)계 합금을 포함하는 많은 금속 및 합금에 대해 균질한 미립자 미세 조직을 갖는 주물을 생성할 수 있다. 본 발명에 의해 구현되는 바와 같은 중공 주조 방법에 의해 형성된 주물은 최종 중공 구조로의 전환이 필요 없으며, 그에 따라 가공 단계를 감소시킨다.

따라서, 중공 응용을 위한 주물을 형성하는 주조 방법은, 이에 한정되는 것은 아니지만 디스크, 로터, 블레이드, 베인, 휠, 버킷, 링, 샤프트, 휠, 이와 같은 기타 요소 및 기타 터빈 구성요소 응용 등의 회전 설비 응용(이것으로만 한정되지 않음)과 같은 많은 응용에 사용될 수 있는 고품질의 단조물을 생성하는데 사용될 수 있다. 본 발명은 중공 주물로 형성된 터빈 구성요소를 참조로 설명되지만, 이것은 단지 본 발명의 범위내에 있는 응용의 예시이다.

첨부된 도면을 참조하면, 도 1은 일반적인 공급원(100)을 구비한 주조 시스템(3)을 도시한 것이며, 도 2는 본 발명에 의해 구현되는 바와 같은 예시적 주조 시스템(3)의 반개략적 부분 단면도이다. 도 3 내지 도 5는 도 2에 도시된 특징부의 상세도이다. 본 발명의 이해를 용이하게 하고자, 주조 시스템(3)을 처음에 설명하고 일렉트로슬래그 정련 시스템(1) 및 핵형성 주조 시스템(2)에 대해서 설명할 것이다.

도 1은 주물(145)을 생성하기 위해, 본 발명에 의해 구현되는 바와 같은 증공 응용을 위한 주물을 형성하는 주조 시스템(3)을 개략적으로 도시한다. 도 1에서, 청정 금속 핵형성 주조 시스템(3) 및 그와 관련된 청정 금속 핵형성 주조 공정을 위한 금속이 이에 한정되는 것은 아니지만 임의의 적절한 공급원(100)에 의해 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)에 의해 제공된다. 청정 금속은 핵형성 주조 시스템(2)에 공급된다. 공급원(100) 및 핵형성 주조 시스템(2)은 협동하여 청정 금속 핵형성 주조 시스템(3)을 형성하며, 이것은 그 뒤 본 발명에 의해 구현되는 바와 같은 주물의 액상 부분상에의 보조 냉각을 형성한다.

도 1에서, 냉각식 맨드릴 조립체(200)는 예를 들면 주물(145)의 액상 부분(148)에 적어도 배치된 주조 시스템(3)에 배치된다. 냉각식 맨드릴 조립체(200)는 맨드릴(205)을 포함하며, 상기 맨드릴은 도시된 바와 같이 중실 맨드릴 및 관형 맨드릴 중 적어도 하나를 포함한다. 맨드릴(205)은 주물(145)의 적어도 액상 부분(148)에 배치되며, 도 1에서 점선으로 도시된 바와 같이 주물(145)의 고체 부분을 통해 연장될 수 있다.

또한, 냉각식 맨드릴 조립체(200)는 냉각제를 맨드릴(205)에 제공하는 냉각 시스템(300)을 포함한다. 냉각 시스템(300)은 냉각제 공급원(305) 및 냉각제 도관(310)을 포함한다. 냉각제는 예를 들면 분무(315)의 형태로 맨드릴(205)에 공급된다. 분무(315)는 맨드릴의 적어도 하나의 표면에 가해진다. 예를 들면, 맨드릴(205)이 관형 맨드릴이라면, 냉각제는 맨드릴(205)의 내부에, 맨드릴(205)의 내부에 또는 맨드릴(205)의 내외부 양자에 가해질 수 있다. 물론, 맨드릴이 중실 맨드릴(205)이라면, 냉각제는 맨드릴(205)의 외부에 가해진다. 따라서, 냉각식 맨드릴 조립체(200)는 열 전도에 의해서 주물(145)의 액상 부분(148)을 냉각시키는데 도움을 준다. 또한, 냉각 시스템(300)은 액상 부분(148)의 깊이를 감소시키는데, 이것은 주물(145)의 냉각을 개선하고 그 내부에 바람직하지 못한 미세 조직을 회피한다.

본 발명에 의해 구현되는 바와 같이 냉각식 맨드릴 조립체(200)(도 1)의 냉각 시스템(300)은 주물(145)의 액상 부분(148)으로부터 열을 추출하여 그 냉각을 촉진하고 그 응고를 개선한다. 냉각제는 이것으로 한정되는 것은 아니지만 물(상술함)과, 주물의 재료와 반응하지 않는 불활성 냉각 가스와 같은 임의의 적절한 냉각제를 포함할 수 있다. 본 발명의 범위내에 있는 예시적 냉각 가스로는 이것으로 한정되지 않지만 아르곤, 질소 및 헬륨을 들 수 있다. 냉각 시스템(300)에 있어서, 냉각제는 냉각제 공급원(305)으로부터 냉각제 도관(310)을 통과한 후, 분무(315)의 형태로 냉각 시스템(300)을 빠져나간다. 냉각제 도관(310)은 냉각제의 통과를 허용하는 임의의 적절한 도관을 포함할 수 있다. 냉각제 도관(310)의 형상 및 구성은 냉각제가 맨드릴(205)로 지향될 수 있는 모든 형상 및 구성을 취할 수 있다.

본 발명에 의해 구현될 수 있는 냉각 시스템(300)은 도시된 바와 같은 구성을 포함할 수 있다. 또한, 냉각 시스템(300)은 냉각 시스템(300)의 다수의 요소중 하나 또는 모두를 포함할 수 있다. 예를 들면 그리고 본 발명을 제한하지 않는 방법으로, 냉각 시스템(300)은 다수의 분무를 형성하기 위해서 다수의 냉각제 도관과 유체 연통되는 하나의 공급원을 포함할 수 있다. 또한, 냉각 시스템(300)은 다수의 공급원(305)을 포함하며, 각 공급원은 냉각제 도관(310) 및 냉각제 분무(315)와 연통된다. 또한, 냉각제 도관(310)은 단일 냉각제 도관으로부터 다수의 분무(315)를 형성한다. 상기 설명은 단지 예시적인 것이며, 임의의 방법으로 본 발명을 제한하는 것이 아니다.

일렉트로슬래그 정련 시스템(1)은 정련될 소모성 금속 전극(24)을 직접 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)내로 도입하고 소모성 전극(24)을 정련하여 청정 정련 금속 용융물(46)(이하, "청정 금속")을 생성한다. 소모성 전극(24)으로서의 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)에 대한 금속 공급원은 단순히 예시적인 것이며, 본 발명의 범위는 이에 한정되는 것은 아니지만 잉곳, 금속 용융물, 분말 금속 및 이들의 조합을 포함하는 공급원 금속을 포함한다. 이하, 소모성 전극을 참조로 본 발명을 설명하지만, 이것은 단순히 예시적인 것으로 본 발명을 어떤 형식으로 한정하려는 의도는 아니다. 청정 금속(46)은 일렉트로슬래그 정련 장치(1) 아래에 장착된 냉간 노상 구조체(cold hearth structure)(40)내로 수용되어 그 내에 유지된다. 청정 금속(46)은 냉간 노상 구조체(40)로부터 냉간 노상 구조체(40) 아래에 장착 배치되는 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)를 통해 분배된다.

금속의 일렉트로슬래그 정련 속도 및 냉간 노상 구조체(40)로의 정련된 금속의 운반 속도가 냉간 노상 구조체(40)로부터 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)의 오리피스(81)를 통해 배출되는 속도에 근접하는 경우, 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)

은 청정 금속(46)의 공급에 있어 본질적으로 안정된 상태의 작동을 제공할 수 있다. 따라서, 청정 금속 핵형성 주조 공정은 연장된 시간동안 연속적으로 작동할 수 있고, 따라서 많은 양의 금속을 처리할 수 있다. 대안적으로, 청정 금속 핵형성 주조 공정은 청정 금속 핵형성 주조 시스템(3)의 하나 이상의 특징부의 간헐적 작동에 의해 간헐적으로 작동될 수 있다.

일단 청정 금속(46)이 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)를 통해 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 빠져나가면, 이것은 핵형성 주조 시스템(2)내로 들어간다. 그 뒤, 청정 금속(46)은 더욱 처리되어 비교적 큰 정련된 금속의 잉곳을 생성할 수 있다. 대안적으로, 청정 금속(46)은 보다 작은 주물, 잉곳, 주조품을 생성하도록 또는 연속적으로 주조된 주물로 형성되도록 처리될 수 있다. 청정 금속 핵형성 주조 공정은, 지금까지 소망되는 재료의 특성 및 성질 세트를 갖는 금속 주물을 생성하기 위해 필요한, 전술된 바와 같은 많은 처리 작업을 효과적으로 생략할 수 있다.

도 2에 있어서, 수직 운동 제어 장치(10)가 개략적으로 도시되어 있다. 수직 운동 제어 장치(10)는 이에 한정되는 것은 아니지만 모터 또는 다른 메카니즘과 같은 동력 장치(도시안됨)를 포함하는 수직 지지체(14)에 장착된 박스(12)를 포함한다. 동력 장치는 스크루 부재(16)에 회전 운동을 부여하기에 적합하다. 잉곳 지지 구조체(20)는, 이에 한정되는 것은 아니지만 일단부가 스크루 부재(16)에 나사결합된 부재(22)에 회전 운동을 부여하기에 적합하다. 부재(22)는, 이에 한정되는 것은 아니지만 볼트(26)와 같은 적절한 연결구에 의해 그 타단부가 소모성 전극(24)을 지지한다.

일렉트로슬래그 정련 구조체(30)는 이에 한정되는 것은 아니지만 물과 같은 적절한 냉각제에 의해 냉각되는 저장소(32)를 포함한다. 저장소(32)는 용융된 슬래그(34)를 포함하는데, 슬래그(34)의 초과분이 고형의 슬래그 과립(granule)으로 도시되어 있다. 청정 금속 핵형성 주조 공정에서 사용되는 슬래그 조성은 처리되는 금속에 따라 변한다. 후술되는 바와 같이, 내측벽(82)의 외측에 대해 흐르는 냉각제의 냉각 영향에 기인하여, 슬래그 스컬(skull)(75)이 저장소(32)의 내측벽(82)을 따라 형성될 수 있다.

냉간 노상 구조체(40)(도 2 내지 도 5)는 일렉트로슬래그 정련 구조체(30)의 아래에 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(46)을 내포한다. 저장소(32)는 노상(42)과 일체로 형성될 수 있다. 대안적으로, 저장소(32) 및 노상(42)은 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 형성하도록 결합되는 별개의 유닛으로 형성될 수 있다.

일렉트로슬래그 정련 시스템(1)의 하부 오리피스(81)가 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)내에 제공되는데, 이것은 도 4 및 도 5를 참조하여 설명된다. 본질적으로 산화물, 황화물 및 기타 불순물이 없도록 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)에 의해 정련된 청정 금속(46)은 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 가로질러 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)의 오리피스(81) 외측으로 유동할 수 있다.

전력 공급 구조체(70)가 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)에 정련 전류를 공급할 수 있다. 전력 공급 구조체(70)는 전력 공급부와 제어 메카니즘(74)을 포함할 수 있다. 전류를 부재(22)로 운반하고 그 뒤 전류를 소모성 전극(24)에 운반할 수 있는 전도체(76)는 전력 공급 구조체(70)와 부재(22)를 접속시킨다. 전도체(78)가 저장소(32)에 접속되어 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)의 전력 공급 구조체(70)에 대한 회로를 완성한다.

도 3은 일렉트로슬래그 정련 구조체(30)와 냉간 노상 구조체(40)의 부분 단면 상세도로서, 일렉트로슬래그 정련 구조체(30)는 저장소(32)의 상부를 규정하며 냉간 노상 구조체(40)는 저장소(32)의 하부(42)를 규정하고 있다. 저장소(32)는 일반적으로 내측벽(82) 및 외측벽(84)을 포함하는 이중벽 저장소를 구성한다. 이에 한정되는 것은 아니지만 물과 같은 냉각제(86)가 내측벽(82)과 외측벽(84) 사이에 제공된다. 냉각제(86)는 공급원(98)(도 4)으로부터 내측벽(82)과 외측벽(84) 사이에 규정된 유동 채널을 통해 또한 통상적인 유입구 및 유출구(도면에 도시안됨)를 통해 유동할 수 있다. 냉간 노상 구조체(40)의 벽(82)을 냉각하는 냉각수(86)는 일렉트로슬래그 정련 구조체(30) 및 냉간 노상 구조체(40)에 냉각을 제공하여 냉간 노상 구조체(40)의 내측 표면상에 스컬(44)이 형성되도록 한다. 냉각제(86)는 일렉트로슬래그 정련 시스템(1), 청정 금속 핵형성 주조 시스템(3) 또는 일렉트로슬래그 정련 구조체(30)의 작동에 필수적인 것은 아니다. 냉각은 액체 금속이 내측벽(82)과 접촉하여 내측벽을 공격하지 않도록 보장하는데, 이것은 벽(82)이 일부 용해되어 액체 금속(46)을 오염시킬 수 있기 때문이다.

도 3에 있어서, 냉간 노상 구조체(40)는 또한 플랜지가 형성된 관형 섹션(90, 92)을 구비할 수 있는 외측벽(88)을 포함한다. 두 개의 플랜지가 형성된 관형 섹션(90, 92)은 도 3의 하부에 도시되어 있다. 외측벽(88)은 핵형성 주조 시스템(2)과 협동하여 후술되는 제어된 분위기 환경(140)을 형성한다.

냉간 노상 구조체(40)는 도 4 및 도 5에 상세히 도시된 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)를 포함한다. 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)는 냉간 노상 구조체(40) 및 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)를 통해 냉간 노상 구조체(40)를 빠져나가는 액체 용

용물(46)의 흐름(56)과 관련하여 도 4에 도시되어 있다. 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)는 고체 금속 스킴(44) 및 액체 용물(46)과 구조적 협동관계로 도시되어 있다(도 3 및 도 4). 도 5는 액체 금속 및 고체 금속 스킴이 없이 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)를 도시하며, 이에 의해 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)의 상세부가 도시되어 있다.

냉간 핑거 오리피스 구조체(80)는 오리피스(81)를 포함하는데, 이 오리피스(81)로부터 처리된 용융 금속(46)이 흐름(56)의 형태로 유동할 수 있다. 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)는 냉간 노상 구조체(40) 및 냉간 노상 구조체(30)에 연결된다. 따라서, 냉간 노상 구조체(40)는 처리되어 대체로 불순물이 없는 합금이 냉간 노상 구조체(40)의 벽과 접촉함으로써 스킴(44)을 형성하도록 한다. 스킴(44, 83)은 이에 따라 용융 금속(46)의 용기로서 작용한다. 또한, 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)에 형성된 스킴(83)(도 4)은 그 두께의 견지에서 제어가능하며, 통상적으로 스킴(44)보다 작은 두께를 갖도록 형성된다. 보다 두꺼운 스킴(44)은 냉간 노상 구조체(40)와 접촉하고 보다 얇은 스킴(83)은 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)와 접촉하며, 스킴(44, 83)은 서로 접촉하여 본질적으로 연속적인 스킴을 형성한다.

제어된 양의 열이 스킴(83)에 제공되어 액체 금속(46)에 열적으로 전달될 수 있다. 열은 냉간 노상 구조체 주위에 배치된 유도 가열 코일(85)로부터 제공된다. 유도 가열 코일(85)은, 공급원(87)으로부터 그내로 흐르는 물과 같은 적절한 냉각제의 유동에 의해 냉각되는 유도 가열 코일을 포함한다. 유도 가열 전력은 도 4에 개략적으로 도시된 전력 공급원(89)으로부터 공급된다. 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)의 구조는 유도 에너지에 의한 열이 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)내로 침투하여 액체 금속(46) 및 스킴(83)을 가열하도록 하며, 오리피스(81)를 개방된 상태로 유지하여 흐름(56)이 오리피스(81) 밖으로 유동할 수 있도록 한다. 가열 전력이 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)에 인가되지 않은 경우, 오리피스는 액체 금속(46)의 흐름(56)의 응고에 의해 폐쇄될 수 있다. 가열은, 인접하는 핑거로부터 절연되는 예를 들면 공기 또는 가스 캡에 의해 또는 적합한 절연재에 의해 절연되는 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)의 각각의 핑거에 좌우된다.

냉간 핑거 오리피스 구조체(80)는 도 5에 도시되어 있는데, 여기서 스킴(44, 83)과 용융 금속(46)은 명료성을 위해 생략되었다. 개개의 냉간 핑거(97)는 캡(94)에 의해 핑거(92)와 같은 각각의 인접하는 핑거로부터 분리되어 있다. 캡(94)은 이에 한정되는 것은 아니지만 세라믹 재료 또는 절연 가스나 같은 절연재가 제공되어 그에 의해 충전될 수 있다. 따라서, 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)내에 배치된 용융 금속(46)(도시안됨)은 캡을 통해 누출되지 않는데, 이는 스킴(83)이 냉간 핑거에 걸친 브릿지를 형성하여 액체 금속(46)이 그것을 통과하는 것을 방지하기 때문이다. 각각의 캡은 도 5에 도시된 바와 같이 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)의 바닥으로 연장하는데, 도 5는 관찰자의 시선과 정렬된 캡(99)을 도시한다. 캡은 각각의 인접한 핑거의 절연 분리를 제공하기에 충분한 약 20mil(mil) 내지 약 50mil 범위의 폭을 가질 수 있다.

개개의 핑거는 적절한 냉각제 공급원(도시안됨)으로부터 도관(96)내로 냉각제를 통과시킴으로써, 물과 같은 냉각제를 구비할 수 있다. 냉각제는 그 뒤 매니폴드(98) 주위로 그것을 지나 냉각 튜브(100)와 같은 개개의 냉각 튜브로 이동된다. 냉각 튜브(100)를 빠져나온 냉각제는 냉각 튜브의 외측 표면과 핑거의 내측 표면 사이로 유동한다. 냉각제는 그 뒤 매니폴드(102)내로 수집되어 물 출구 튜브(104)를 통해 냉간 핑거 오리피스 구조체(80) 밖으로 나온다. 이 개개의 냉간 핑거 물 공급 튜브 장치는 전체로서 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)의 냉각을 허용한다.

냉간 핑거 오리피스 구조체(80)를 통해 스킴(44, 83) 및 액체 금속(46)에 제공되는 가열 또는 냉각의 양은, 흐름(56)으로서 오리피스(81)를 통과하는 액체 금속(46)을 제어하도록 제어된다. 제어된 가열 또는 냉각은 유도 코일(85)내에서 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)로 흐르는 전류 및 냉각제의 양을 제어함으로써 행해진다. 제어된 가열 또는 냉각은 스킴(44, 83)의 두께를 증가 또는 감소시킬 수 있으며, 또한 오리피스(81)를 개방 또는 폐쇄할 수 있거나 또는 오리피스(81)를 통과하는 흐름(56)을 감소 또는 증가시킬 수 있다. 스킴(44, 83)의 두께를 증가 또는 감소시킴으로써 다소의 액체 금속(46)이 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)를 지나 오리피스(81)내로 유동하여 흐름(56)을 형성할 수 있다. 흐름(56)의 유동은, 오리피스(81)를 설정된 통로 사이즈로 유지하도록 유도 가열 코일(85)로의 가열 전류 및 전력과 냉각수를 제어함으로써 또한 스킴(44, 83)의 두께를 제어함으로써 소망의 밸런스로 유지될 수 있다.

이하, 도면을 참조로 청정 금속 핵형성 구조 시스템(3)의 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)의 작동에 대해 설명한다. 청정 금속 핵형성 구조 시스템(3)의 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)은 결합 및 불순물을 포함할 수 있는 잉곳을 정련할 수 있다. 소모성 전극(24)이 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)에 의해 용융된다. 소모성 전극(24)은 일렉트로슬래그 정련 시스템내의 용융 슬래그와 접촉하도록 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)내에 장착된다. 일렉트로슬래그 정련 시스템 및 잉곳에 전력이 공급된다. 전력은 잉곳이 용융 슬래그와 접촉하고 있는 표면에서 잉곳의 용융을 야기하여 금속의 용융 액적이 형성된다. 액적은 용융 슬래그를 통과한 후 일렉트로슬래그 정련 구조체(30) 아래의 냉간 노상 구조체(40)내에 정련된 액체 금속으로서 수집된다. 소모성 전극(24)으로부터 발생하는 산화물, 황화물, 오염물 및 기타 불순물은 액적이 잉곳의 표면에 형성되어 용융 슬래그를 통과할 때 슬래그내로 용해됨으로써 제거된다. 용융된 액적은 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)의 오

리피스(81)에서 흐름(56)으로서 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)으로부터 배출된다. 주물을 형성하는 청정 금속 핵형성 구조 시스템(3)의 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 빠져나가는 흐름(56)은 본질적으로 산화물, 황화물, 오염물 및 기타 불순물이 없는 정련된 용융물을 포함한다.

금속 흐름(56)이 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)를 빠져나가는 속도는 오리피스(81)위의 액체 금속(46)의 유체 정역학적 헤드를 제어함으로써 더욱 제어될 수 있다. 냉간 핑거 오리피스 구조체(80)의 오리피스(81)위로 연장하는 액체 금속(46) 및 슬래그(44, 83)는 유체 정역학적 헤드를 규정한다. 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 갖는 청정 금속 핵형성 구조 시스템(3)이 소정의 일정한 유체 정역학적 헤드 및 일정한 크기의 오리피스(81)에서 작동되는 경우, 본질적으로 일정한 액체 금속의 유량이 설정될 수 있다.

통상적으로, 용융물 속도가 대체로 흐름(56)으로서의 청정 금속 핵형성 구조 시스템(3)으로부터의 제거 속도와 동일하도록 안정된 상태의 전력이 요구된다. 그러나, 청정 금속 핵형성 구조 시스템(3)에 인가된 전류는 오리피스(81)위로 보다 많거나 적은 액체 금속(46) 및 슬래그(44, 83)를 제공하도록 조절될 수 있다. 오리피스(81)위로의 액체 금속(46) 및 슬래그(44, 83)의 양은 잉곳을 용융시키는 전력, 및 스킵을 생성하는 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)의 냉각에 의해 결정된다. 인가되는 전류를 조절함으로써, 오리피스(81)를 통과하는 유동이 제어될 수 있다.

또한, 안정된 상태의 작업을 설정하기 위해, 용융 슬래그(34)의 상측 표면과 소모성 전극(24)의 접촉이 유지될 수 있다. 용융물(46)내로의 소모성 전극(24)의 하강 속도는 안정된 상태의 작업을 위해 용융 슬래그(34)의 상측 표면과 소모성 전극(24)의 접촉이 유지되는 것을 보장하도록 조절될 수 있다. 따라서, 흐름(56)으로부터의 안정된 상태의 방출이 청정 금속 핵형성 구조 시스템(3)내에 유지될 수 있다. 청정 금속 핵형성 구조 시스템(3)의 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)내에 형성된 금속의 흐름(56)은 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)을 빠져나가 핵형성 구조 시스템(2)으로 이송된다. 핵형성 구조 시스템(2)은 도 2에서 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)과 협동하는 상태로 도시되어 있다.

핵형성 구조 시스템(2)은 청정 금속 핵형성 구조 시스템(3)의 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)으로부터의 흐름(56)을 수용하도록 위치된 분열부(134)를 포함한다. 분열부(134)는 흐름(56)을 다수의 용융 금속 액적(138)으로 전환시킨다. 흐름(56)은 바람직하지 못한 액적(138)의 산화를 방지하기에 충분한 제어된 분위기 환경(140)내에서 분열부(134)로 이송될 수 있다. 제어된 분위기 환경(140)은 흐름(56)의 금속과 반응하지 않는 임의의 가스 또는 가스의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 흐름(56)이 알루미늄 또는 마그네슘을 포함하는 경우, 제어된 분위기 환경(140)은 액적(138)이 점화 위험 상태로 되는 것을 방지하는 환경을 제공한다. 통상적으로, 임의의 희가스(noble gas) 또는 질소가 제어된 분위기 환경(140)내에 사용되기 적합한데, 이는 이들 가스가 대체로 본 발명의 범위내에 있는 대부분의 금속 및 합금과 비반응성이기 때문이다. 예를 들면, 저가의 가스인 질소는 과도하게 질화하기 쉬운 금속 및 합금을 제외하고는 제어된 분위기 환경(140)내에 사용될 수 있다. 또한, 금속이 구리인 경우, 제어된 분위기 환경(140)은 질소, 아르곤 및 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 금속이 니켈 또는 스틸인 경우, 제어된 분위기 환경(140)은 질소, 아르곤 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다.

분열부(134)는 흐름(56)을 액적(138)으로 전환시키기 위한 임의의 적합한 디바이스를 포함할 수 있다. 예를 들면, 분열부(134)는 하나 이상의 제트(142)로 흐름(56)을 제한하는 가스 분무기를 포함할 수 있다. 흐름상에 충돌하는 제트(142)로부터의 가스의 유동이 제어될 수 있어, 액적(138)의 사이즈 및 속도가 제어될 수 있다. 본 발명의 범위내에 있는 다른 분무 디바이스는 제어된 분위기 환경(140)을 형성하도록 사용되는 가스의 흐름의 형태인 고압 분무 가스를 포함한다. 제어된 분위기 환경(140) 가스의 흐름은 금속 흐름(56)과 충돌하여 금속 흐름(56)을 액적(138)으로 전환시킬 수 있다. 흐름 분열의 다른 예시적 유형은, 전기장과 수직한 자석을 갖는 DC 전력 공급원에 접속된 두 개의 전극 사이의 좁은 갭을 통해 흐름(56)이 흐르는 자기 유체역학적 분무화(magneto-hydrodynamic atomization) 및 기계적 유형의 흐름 분열 디바이스를 포함한다.

액적(138)은 대체로 발산하는 원추형상을 형성하도록 분열부(134)로부터 하방(도 2)으로 흩뿌려진다. 액적(138)은 분열부(134)와 몰드(146)에 의해 지지되는 금속 주물의 상측 표면(150) 사이의 거리에 의해 규정되는 냉각 구역(144)을 횡단한다. 냉각 구역(144)의 길이는 액적이 냉각 구역(144)을 횡단하여 금속 주물의 상측 표면(150)에 충돌하는 시간에 의해 액적의 일부 체적 부분을 응고시키기에 충분하다. 응고되는 액적(138)의 부분[이하, "고형 체적비 부분(solid volume fraction portion)"이라 함]은 몰드내의 액체 유동 특성이 본질적으로 손실되는 점성 변곡점까지의 몰드내의 조대한 수직 상 결정성장을 방지하기에 충분하다.

부분적 용융/부분적 응고 금속 액적[이하, "반고형 액적(semisolid droplet)"이라 함]은 몰드(146)내에 수집된다. 몰드는 도 1에 파선으로 도시된 바와 같이 단일 그리고 단편 몰드를 포함할 수 있다. 선택적으로, 몰드는 몰드(146)의 측면으로부터 철수될 수 있는 신축가능한 베이스(246)를 포함하는 철수형 몰드(withdrawal mold)로 구성될 수 있다. 본 발명의 하기 설명은 예시적이며 비제한적인 몰드로서 철수가 가능한 몰드를 설명하며, 임의의 방법으로 본 발명을 제한하는 것이 아니다.

신축가능한 베이스(246)는 화살표(242) 방향으로 베이스를 측벽으로부터 멀리 이동시키도록 샤프트(241)에 연결될 수 있다. 또한, 샤프트(241)는 후술되는 냉각 시스템에 몰드의 대부분을 제공하도록 화살표(243) 방향으로 신축가능한 베이스(246)를 회전시킬 수 있다. 고휘형 체적비 부분이 점성 변곡점 아래에 있다면 반고형 액적은 액체와 같이 행동하며, 반고형 액적은 몰드의 형상에 일치하도록 충분한 유동성을 나타낸다. 일반적으로, 점성 변곡점을 규정하는 고휘형 체적비 부분 상한 값은 약 40체적% 이하이다. 예시적인 고휘형 체적비 부분은 약 5% 내지 약 40% 범위이며, 약 15체적% 내지 약 30체적% 범위내의 고휘형 체적비 부분은 점성 변곡점에 악영향을 미치지 않는다.

액적(138)의 분무는 몰드(146)내의 주물(145)의 표면 부근에 배치된 액상의 상층 부분(148)을 형성한다. 액상의 상층 부분(148)의 깊이는 액상 부분의 냉각, 그 응고 속도 및, 분무화 가스 속도, 액적 속도, 냉각 구역(144)의 길이, 흐름 온도, 액적 크기와 같은 다양한 청정 금속 핵형성 주조 시스템(3)의 인자에 좌우된다. 액상의 상층 부분(148)은 약 0.005인치 내지 약 1.0인치 범위의 몰드(146)내의 깊이를 갖도록 생성될 수 있다. 본 발명의 범위내에 있는 예시적 액상 상층 부분(148)은 몰드내에서 약 0.25인치 내지 약 0.50인치 범위의 깊이를 포함한다. 일반적으로, 몰드(146)내의 액상 상층 부분(148)은 금속이 현저하게 액체 특성을 나타내는 주물의 영역보다 크지 않아야 한다. 통상적으로, 액상 부분의 급속한 응고는 주물내의 가스 포획 및 그에 따른 기공 생성을 최소화한다.

몰드(146)는 이에 한정되는 것은 아니지만 흑연, 주철 및 구리와 같이 주조 응용에 적합한 임의의 재료로 형성될 수 있다. 흑연은 비교적 기계가공이 용이하고 본 발명에 의해 구현되는 바와 같은 냉각 시스템을 통한 열제거를 위한 만족할만한 열전도성을 나타내기 때문에 적합한 몰드(146) 재료이다. 몰드(146)가 반고형 액적(138)으로 충전됨에 따라, 그 상층 표면(150)은 분열부(134)에 보다 가깝게 이동되고 냉각 구역(144)은 감소된다. 분열부(134) 또는 몰드(146)의 적어도 하나가 이동가능한 지지채상에 장착되어 일정한 냉각 구역(144) 치수를 유지하도록 고정된 속도로 분리될 수 있다. 따라서, 액적(138)에 있어 일반적으로 일정한 고휘형 체적비 부분이 형성된다. 일렉트로슬래그 정련 시스템(1)으로부터 몰드(146)로 제어된 분위기 환경(140)을 연장하도록 핵형성 주조 시스템(2)내에 배플(152)이 제공될 수 있다. 냉각 시스템(500)은 도면에 도시된 바와 같이 배플(152)을 통해 연장될 수 있다. 배플(152)은 부분적으로 용융된 금속 액적(138)의 산화를 방지하고 제어된 분위기 환경 가스(140)를 보존할 수 있다. 주물(145)로부터 추출된 열은 주물(145)의 액상 상부 부분(148)의 응고 공정을 완료하여 달리 이용하기 위한 응고된 주물을 형성한다. 생성된 주물(145)내에 충분한 핵이 형성되어, 응고시에 주물(145)내에 미세한 등방상 미세 조직(149)이 형성될 수 있다.

본 발명에 의해 구현된 바와 같이 주조 시스템(3)은 바람직하지 못한 수지상 결정성장을 방지하고, 형성된 주물 및 주조품의 응고 수축 다공성을 감소시키고, 주조 동안과 그 이후의 주물 및 주조품에 대한 열간 가공 동안의 고온 파열을 감소시킨다. 또한, 청정 금속 핵형성 주조 시스템(3)은 주물내에 균일한 등방상 조직을 생성하는데, 이것은 주조 동안의 몰드의 최소 뒤틀림, 몰드내에서의 주물의 응고 동안의 제어된 열전달 및 제어된 핵형성의 결과이다. 청정 금속 핵형성 시스템(3)은 종래의 주물에 비해 주물의 내구성 및 파괴 인성을 향상시킨다.

본 명세서에 다양한 실시예가 기술되어 있지만, 본 명세서로부터 다양한 요소의 조합, 변형 또는 개선이 당업자에 의해 행해질 수 있으며 본 발명의 범위내에 있음을 인식할 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 용융된 금속 공급원 및 핵형성 주조 시스템을 구비한 냉각식 맨드렐 조립체를 갖는 청정 금속 핵형성 주조 시스템의 일반적인 개략적 도면.

도 2는 냉각식 맨드렐 조립체, 일렉트로슬래그 정련 시스템 및 핵형성 주조 시스템을 갖는 청정 금속 핵형성 주조 시스템의 개략적 도면,

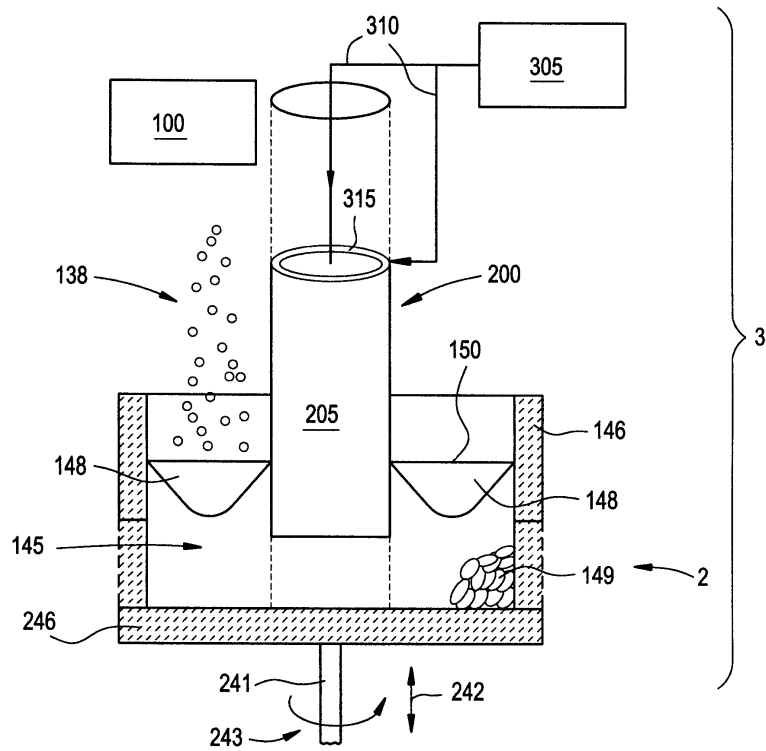
도 3은 일렉트로슬래그 정련 시스템의 상세한 내용을 도시하는, 도 2에 도시된 바와 같은 청정 금속 핵형성 주조 시스템의 개략적 수직 부분 단면도.

도 4는 주물을 생성하는 청정 금속 핵형성 시스템의 일렉트로슬래그 정련 시스템을 상세히 도시하는 개략적 수직 부분 단면도.

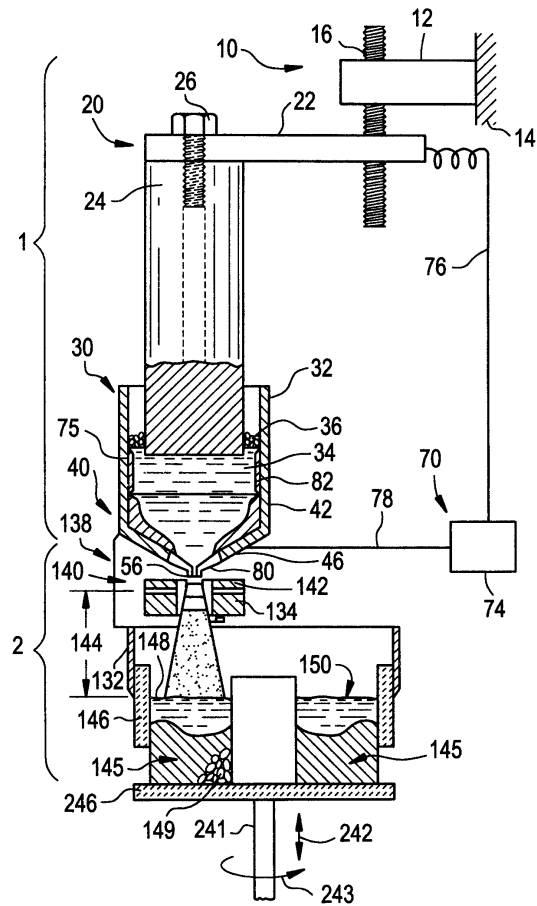
도 5는 주물을 생성하는 청정 금속 핵형성 주조 시스템의 일렉트로슬래그 정련 시스템의 개략적 부분 단면도.

도면

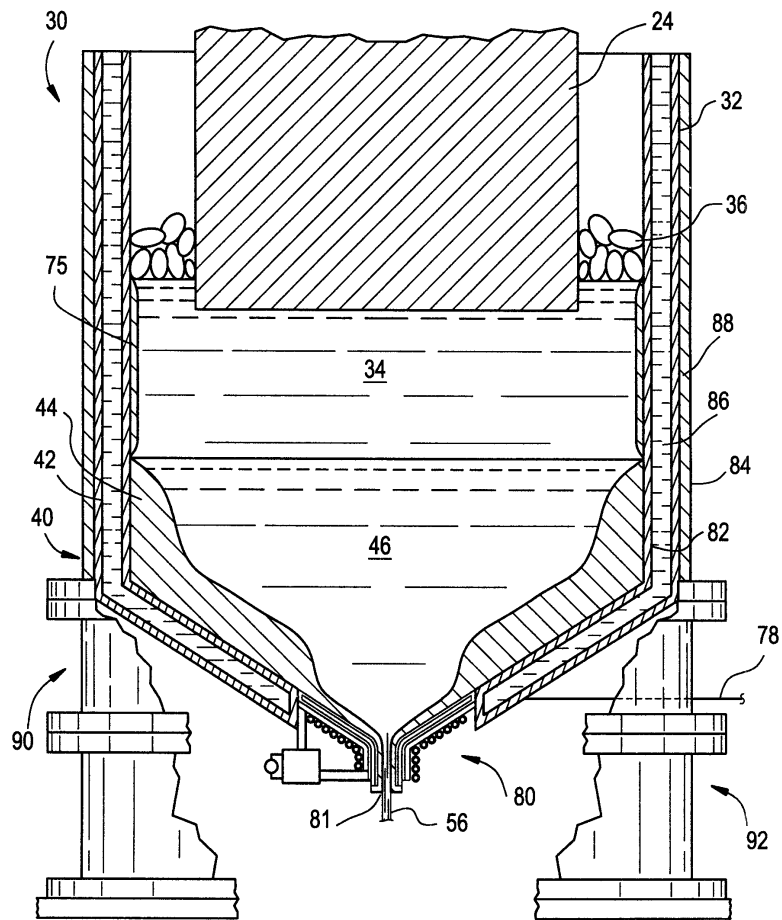
도면1



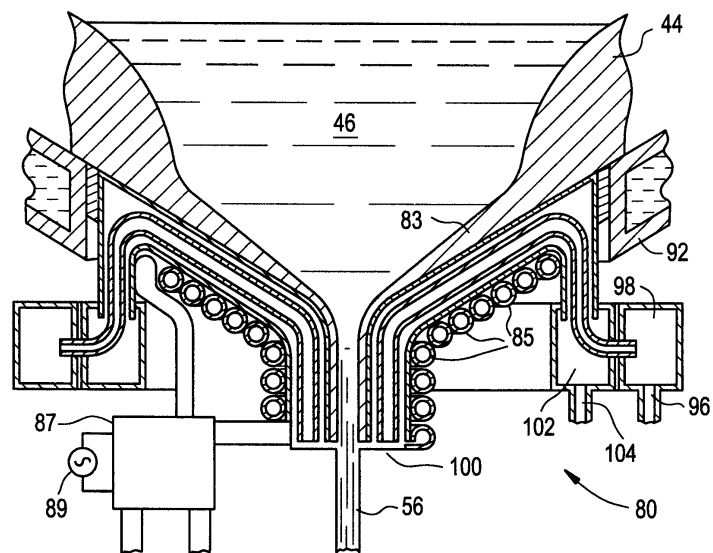
도면2



도면3



도면4



도면5

