



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년09월28일
(11) 등록번호 10-0762039
(24) 등록일자 2007년09월19일

(51) Int. Cl.

B22D 21/00(2006.01)

(21) 출원번호 10-2000-0061812

(22) 출원일자 2000년10월20일

심사청구일자 2005년10월20일

(65) 공개번호 10-2001-0040138

공개일자 2001년05월15일

(30) 우선권주장

09/425,307 1999년10월25일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US 3915761 A

US 4190094 A

전체 청구항 수 : 총 28 항

(73) 특허권자

제너럴 일렉트릭 캄파니

미합중국 뉴욕, 웨벡테디, 원 리버 로우드

(72) 발명자

지글리오티마이클프란시스자비에르이세

미국뉴욕주12302스코티아카일드라이브41

황쉬친

미국뉴욕주12110라담스타보드웨이6

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김창세, 장성구

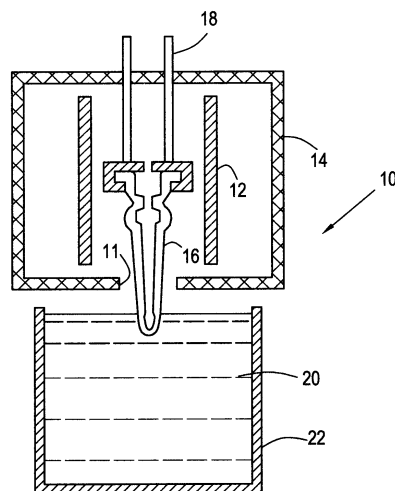
심사관 : 나동규

(54) 액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법 및 그의 제품과, 방향성 응고 노

(57) 요약

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법은 응고 전방부에서 향상된 응고 특성을 제공한다. 이러한 방법에 있어서, 주형은 용융 금속으로 충전되고, 응고 계면은 냉각 액체내에 주형이 점차 잠기게 함으로써 용융 금속을 통과하게 된다. 냉각 액체는 공융 또는 유사 공융 금속 조성물이다. 방향성 응고 노는 가열로, 액체 냉각 욕 및 주형 위치 결정 장치를 포함한다. 가열로는 그곳을 통해 용융 금속을 수납하는 가열된 주형이 노로부터 하강되는 개방 단부를 구비한다. 액체 냉각 욕은 노의 개방 단부 아래에 위치된 용융된 공융 또는 유사 공융 금속 조성물을 포함한다. 주형 위치 결정 장치는 노로부터 개방 단부를 통하여 가열된 주형을 점차적으로 하강시키고, 주형을 액체 냉각 욕 내에 잠기게 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

피터슨로저존

미국뉴욕주12072폴톤빌리버사이드드라이브20

자오지첵

미국뉴욕주12309니스카유나이파트먼트132브룩쉬어
드라이브2475

특허청구의 범위

청구항 1

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법에 있어서,
주형을 용융 금속으로 충전시키는 단계와,
상기 주형을 공용 또는 유사 공용 금속 조성물을 포함하는 냉각 액체내에 잠기게 하는 단계를 포함하는
액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 공용 또는 유사 공용 금속 조성물은 알루미늄-구리-실리콘 공용 또는 유사 공용인
액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
상기 공용 또는 유사 공용 금속 조성물은 22 내지 32 중량%의 구리 및 2 내지 8 중량%의 실리콘과, 나머지의
알루미늄을 포함하는
액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,
상기 공용 또는 유사 공용 금속 조성물은 24 내지 30 중량%의 구리 및 3 내지 7 중량%의 실리콘과, 나머지의
알루미늄을 포함하는
액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서,
상기 공용 또는 유사 공용 금속 조성물은 25.5 내지 28.5 중량%의 구리 및 4 내지 6 중량%의 실리콘과, 나머지의
알루미늄을 포함하는
액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,
상기 공용 또는 유사 공용 금속 조성물은 19 내지 34 중량%의 구리 및 45 내지 65 중량%의 게르마늄과, 나머지의
알루미늄을 포함하는
액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 7

제 2 항에 있어서,
상기 공용 또는 유사 공용 금속 조성물은 21 내지 27 중량%의 구리 및 52 내지 58 중량%의 게르마늄과, 나머지의
알루미늄을 포함하는
액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 22.5 내지 25.5 중량%의 구리 및 53.5 내지 56.5 중량%의 게르마늄과, 나머지의 알루미늄을 포함하는

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 구리, 게르마늄, 마그네슘 또는 실리콘, 및 알루미늄으로 구성된 이원 공융 또는 유사 공융인

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 구리, 마그네슘 및 알루미늄으로 구성된 삼원 공융 또는 유사 공융인

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 주형은 상기 냉각 액체내에 점차 잠기게 되어 응고 계면이 상기 용융 금속을 통과하게 하는

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 12

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법에 있어서,

주형내 금속의 액상선(liquidus) 온도 이상의 온도로 고온 영역을 유지하는 단계와,

액체 공융 또는 유사 공융 금속 조성물을 포함하는 냉각 영역을 상기 금속의 고상선(solidus) 온도 이하의 온도로 유지하는 단계와,

상기 고온 영역으로부터 상기 저온 영역내로 상기 주형을 점차적으로 철수시켜 상기 주형내의 상기 금속을 통해 응고 계면의 이동을 초래하여 상기 금속으로부터 주물을 형성하는 단계를 포함하는

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 알루미늄-구리-실리콘 공융 또는 유사 공융인

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 14

방향성 응고 노에 있어서,

용융 금속을 수납한 가열된 주형을 인출하는 하부 개방 단부를 갖는 가열로와,

상기 노의 상기 개방 단부 아래에 위치한 용융 공융 또는 유사 공융 금속 조성물을 포함하는 액체 냉각 욕과,

상기 주형을 지지하여 상기 주형을 상기 개방 단부를 통하여 상기 노로부터 점진적으로 하강시키고, 상기 주형을 상기 액체 냉각 욕 내로 잠기게 하는 주형 위치 결정 장치를 포함하는

방향성 응고 노.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 알루미늄-구리-실리콘 공융 또는 유사 공융인

방향성 응고 노.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 22 내지 32 중량%의 구리 및 2 내지 8 중량%의 실리콘과, 나머지의 알루미늄을 포함하는

방향성 응고 노.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 24 내지 30 중량%의 구리 및 3 내지 7 중량%의 실리콘과, 나머지의 알루미늄을 포함하는

방향성 응고 노.

청구항 18

제 15 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 25.5 내지 28.5 중량%의 구리 및 4 내지 6 중량%의 실리콘과, 나머지의 알루미늄을 포함하는

방향성 응고 노.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 19 내지 34 중량%의 구리 및 45 내지 65 중량%의 게르마늄과, 나머지의 알루미늄을 포함하는

방향성 응고 노.

청구항 20

제 15 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 21 내지 27 중량%의 구리 및 52 내지 58 중량%의 게르마늄과, 나머지의 알루미늄을 포함하는

방향성 응고 노.

청구항 21

제 15 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 22.5 내지 25.5 중량%의 구리 및 53.5 내지 56.5 중량%의 게르마늄과, 나머지의 알루미늄을 포함하는

방향성 응고 노.

청구항 22

제 14 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 구리, 게르마늄, 마그네슘 또는 실리콘, 및 알루미늄으로 구성된 이원 공융 또는 유사 공융인

방향성 응고 노.

청구항 23

제 14 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 구리, 마그네슘 및 알루미늄으로 구성된 삼원 공융 또는 유사 공융인
방향성 응고 노.

청구항 24

삭제

청구항 25

제 1 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 알루미늄-구리-게르마늄 공융 또는 유사 공융인

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 26

제 1 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 마그네슘, 실리콘 및 알루미늄으로 구성된 삼원 공융 또는 유사 공융인

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 27

제 12 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 알루미늄-구리-게르마늄 공융 또는 유사 공융인

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 28

제 14 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 알루미늄-구리-게르마늄 공융 또는 유사 공융인

방향성 응고 노.

청구항 29

제 14 항에 있어서,

상기 공융 또는 유사 공융 금속 조성물은 마그네슘, 실리콘 및 알루미늄으로 구성된 삼원 공융 또는 유사 공융인

방향성 응고 노.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <7> 본 발명은 액체 금속 냉각식 방향성 응고 주조 방법에 관한 것으로, 특히 주물 초합금(superalloy)을 위한 액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법에 관한 것이다.
- <8> 조성 이외에, 초합금의 결정립(crystal grain) 특성은 초합금 성질을 결정한다. 예를 들면, 초합금의 강도는 결정립 사이즈에 의해 부분적으로 결정된다. 고온에서, 변형 방법은 제어된 확산이며, 결정립계(grain boundary)를 따른 확산은 결정립내에서 보다 훨씬 크다. 따라서, 고온에서, 사이즈가 큰 결정립 조직은 미세 결정립 조직보다 강할 수 있다. 일반적으로, 인가된 응력의 방향에 수직하게 배향된 결정립계에서 균열이 시작된다. 주물의 긴 축에 실질적으로 평행하게 정렬된 일방향성 결정을 갖는 가늘고 긴 주상 조직(columnar structure)을 생성하도록 초합금을 주조함으로써 주 응력축에 수직한 결정립계가 감소될 수 있다. 더욱이, 초합금의 단결정 주물을 제조함으로써, 결정립계 균열 모드는 대부분 완전하게 제거될 수 있다.
- <9> 방향성 응고는 주상 및 단결정 성장 조직을 갖는 터빈 블레이드 등을 제조하기 위한 방법이다. 일반적으로, 바람직한 단결정 성장 조직은 부품을 규정하는 수직으로 배치된 주형의 베이스에서 생성된다. 다음에, 단결정 응고 전방부는 이동하는 열 구배의 영향하에서 조직을 통하여 진행된다.
- <10> 방향성 응고 동안에, 니켈, 코발트 또는 철계 초합금의 결정은 "수지상(dendritic)" 형태로 특징지어진다. 수지상은 형성 고체가 미세 가지형 침(needle)의 배열로서 여전히 용융 상태인 액체내로 연장하는 곳에서의 결정 성장의 형태를 지칭한다. 응고 방향으로의 침 사이의 간격은 "1차 수지상 아암 간격(primary dendrite arm spacing)"으로 불린다. 온도 구배는 진행되는 응고 전방부의 전방에 영향을 미쳐 기생성(parasitic) 수지상 입자의 핵 생성 및 성장을 방지하여야 한다. 요구되는 온도 구배의 크기는 응고 속도에 비례한다. 이러한 이유에서, 시간당 1센티미터 내지 수 센티미터의 비율과 유사할 수 있는 응고 전방부의 변위 속도는 조심스럽게 제어되어야 한다. 액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법은 이러한 요구를 충족하도록 개발되었다. 하나의 방법에 있어서, 가열될 합금 재료는 먼저 가열 영역을 통과한 후에, 냉각 영역내로 이동한다. 가열 영역은 유도 코일 또는 저항 가열기로 구성될 수 있는 반면에, 냉각 영역은 액체 금속 욕(bath)으로 구성된다. 다른 방법에 있어서, 액체 금속 욕은 가열 및 냉각용 모두에 이용되어 복잡한 제품의 주물을 위해 개선된 평면형 응고 전방부를 제공한다.
- <11> 액체 금속 욕으로 통상 사용되는 금속은 700℃보다 낮은 용점을 갖는 금속을 포함한다. 700℃보다 낮은 용점을 갖는 금속은 리튬(186℃), 나트륨(98℃), 마그네슘(650℃), 알루미늄(660℃), 칼륨(63℃), 아연(419℃), 갈륨(30℃), 셀렌(220℃), 루비듐(39℃), 카드뮴(320℃), 인듐(156℃), 주석(232℃), 안티몬(630℃), 텔루르(450℃), 세슘(28℃), 수은(-39℃), 탈륨(300℃), 납(327℃) 및 비스무트(276℃)를 포함한다. 리튬, 나트륨, 갈륨 및 세슘은 인화성이 매우 높고, 액체 금속 욕으로 사용되는 경우에 안전성의 문제가 있다. 마그네슘, 갈륨, 아연, 루비듐, 카드뮴, 안티몬, 비스무트 및 수은은 낮은 증기압을 갖는다. 이들은 기화하여 주물 합금 및 노(furnace)를 오염시킨다. 셀렌, 카드뮴, 텔루르, 수은, 탈륨 및 납은 독성이 있다. 갈륨 및 인듐은 고가이다. 알루미늄 및 주석이 냉각제로 바람직하다. 주석은 알루미늄보다 무겁고 고가이며, 주석은 주형을 통과하는 경우에 초합금을 오염시킬 것이다. 알루미늄은 대부분의 초합금의 구성 성분이므로 오염시키지 않지만, 알루미늄의 용점이 주석의 용점보다 높다. 주물과 냉각제 사이의 열전달은 온도차의 함수이기 때문에, 주물로부터 열을 제거함에 있어서 액체 주석이 액체 알루미늄보다 양호하다.
- <12> 알루미늄보다 낮은 용점과 주석보다 작은 밀도 및 비용을 가지면서 주석과 알루미늄의 장점을 갖는 액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법용 냉각제를 찾아낼 필요가 여전히 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <13> 본 발명은 응고 전방부에서 향상된 응고 특성을 제공하는 액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법에 관한 것이다. 이러한 방법에 있어서, 주형은 용융 금속으로 충전되고, 응고 계면은 냉각 액체내로 주형을 점차적으로 잠기게 함으로써 용융 금속을 통과하게 된다. 냉각 액체는 공융(eutectic) 또는 유사 공융(near eutectic) 금속 조성물이다.
- <14> 다른 실시예에 있어서, 본 발명은 가열로, 액체 냉각 욕 및 주형 위치 결정 장치를 포함하는 방향성 응고 노에 관한 것이다. 가열로는 용융 금속을 수용하는 가열된 주형이 노로부터 하강되는 개방 단부를 구비한다. 액체

냉각 욕은 노의 개방 단부 아래에 위치하는 용융된 공융 또는 유사 공융 금속 조성물을 포함한다. 주형 위치 결정 장치는 개방 단부를 통해 노로부터 가열된 주형을 점차적으로 하강시키고, 주형을 액체 냉각 욕내로 잠게 한다.

발명의 구성 및 작용

- <15> 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "조합금"은 고온에서 우수한 강도 및 내산화성을 갖는 니켈, 코발트 또는 철계 내열 합금을 칭한다. 조합금은 표면 안정성을 부여하기 위해 크롬을 함유할 수 있고, 강화 목적으로 몰리브덴, 텅스텐, 콜롬뮴(columbium), 티타늄 또는 알루미늄과 같은 하나 또는 그 이상의 소수 구성 물질을 포함할 수 있다. 조합금의 물리적 성질은 가스 터빈 구성 요소의 제조에 특히 유용하다.
- <16> 방향성 응고 노의 냉각 욕으로 적합한 금속은 주물 금속 합금의 용점보다 상당히 낮은 용점 및 높은 열전도성을 가져야 한다. 이 금속은 화학적으로 불활성이고, 낮은 증기압을 가져야 한다. 본 발명의 실시예에 따르면, 조성물은 적당한 비용으로 보다 높은 열 구배를 제공하는 액체 금속 냉각식 방향성 응고 노의 냉각 욕으로 제공된다. 본 발명의 실시예는 주석의 몇몇 단점을 갖지 않으면서 낮은 용점을 제공하는 알루미늄을 갖는 이원 및 삼원 공융에 기초한 합금 조성물을 제공한다.
- <17> 공융 혼합물은 동일 금속의 임의의 혼합물의 가장 낮은 용점의 특징을 갖는 비율로 금속을 조합한 것이다. 공융점은 공융 혼합물이 액상으로 존재할 수 있는 가장 낮은 온도이다. 공융점은 구성 성분의 비율을 변화시킴으로써 얻을 수 있는 둘 또는 그 이상의 금속의 용액에서 합금의 가장 낮은 용점이다. 공융 합금은 동일 금속의 다른 조합에 비하여 한정된 그리고 가장 낮은 용점을 갖는다.
- <18> 도 1에 있어서, 방향성 응고 노(10)는 절연된 노 박스(14) 내의 저항 가열식 흑연 스트립(12)에 의해 가열된다. 세라믹 셸 주형(16)은 주형 위치 결정 장치(18)에 의해 노 박스(14)내에 위치된다. 방향성 응고는 조합금을 함유하는 주형(16)을 가열된 노 박스(14)에서 액체 금속 냉각 욕(20)내로 하강시킴으로써 수행된다. 가열기는 주물내로 열을 가하고, 냉각 욕(20)은 주물로부터 열을 제거하며, 응고가 주형내의 하부로부터 상부까지 진행된다. 액체 냉각 욕(20)은 금속 또는 내화물의 도가니(22)내에 수납된다. 액체 냉각 욕(20)은 본 발명에 따른 냉각 매체로서 작용하는 공융 금속 조성물이다.
- <19> 본 발명의 예시적인 냉각 욕 합금은 구리, 게르마늄, 마그네슘 또는 실리콘을 갖는 알루미늄의 이원 공융과, 구리 및 게르마늄, 구리 및 마그네슘, 구리 및 실리콘 또는 마그네슘 및 실리콘을 갖는 삼원 공융을 포함한다. 일부 적합한 합금이 하기 표 1에 나열되어 있다.

【표 1】

합금 타입	용점(℃)	알루미늄	구리	게르마늄	마그네슘	실리콘
	660	100				
이원	548	67.3	32.7			
이원	420	48.4		51.6		
이원	450	64			36	
이원	437	33			67	
이원	577	87.4				12.6
삼원	<420	21	24	55		
삼원	507	60.8	33.1		6.1	
의사 이원	518	66.1	23.9		10	
삼원	524	67.7	27			5.3
삼원	449	46.5		51	2.5	
삼원	419	46		52	2	
삼원	550	81			4.3	14.7
삼원	444	67.8			32	0.2
삼원	445	65.8			34	0.2
삼원	434	34.7			65	0.3

- <21> 상기 표 1에 있어서, 구성 성분은 중량%(weight percent)로 표시된다. 표 1은 게르마늄 및 마그네슘을 갖는 합

금이 가장 낮은 용점을 제공한다는 것을 보여준다. 그러나, 증기압을 고려하여야 하기 때문에, 바람직한 합금은 524℃의 용점을 갖는 알루미늄-구리-실리콘 삼원 공융과, 420℃보다 낮은 용점을 갖는 알루미늄-구리-게르마늄 삼원 공융을 포함한다.

<22> 알루미늄-구리-실리콘 삼원 공융은 약 22 내지 약 32 중량%의 구리와, 약 2 내지 약 8 중량%의 실리콘과, 나머지의 알루미늄을 포함할 수 있다. 바람직하게는, 이 공융 또는 유사 공융은 약 24 내지 약 30 중량%의 구리와, 약 3 내지 약 7 중량%의 실리콘과, 나머지의 알루미늄을 포함하며, 보다 바람직하게는 약 25.5 내지 약 28.5 중량%의 구리와, 약 4 내지 약 6 중량%의 실리콘과, 나머지의 알루미늄을 포함한다.

<23> 알루미늄-구리-게르마늄 삼원 공융 또는 유사 공융은 약 19 내지 약 34 중량%의 구리와, 약 45 내지 약 65 중량%의 게르마늄과, 나머지의 알루미늄을 포함할 수 있다. 바람직하게는, 이 공융 또는 유사 공융은 약 21 내지 약 27 중량%의 구리와, 약 52 내지 약 58 중량%의 게르마늄과, 나머지의 알루미늄을 포함하며, 보다 바람직하게는 약 22.5 내지 약 25.5 중량%의 구리와, 약 53.5 내지 약 56.5 중량%의 게르마늄과, 나머지의 알루미늄을 포함한다.

<24> 이 공융 또는 유사 공융 합금은 합금 성분을 잉곳(ingot)으로 용융 및 주조함으로써 방향성 응고 노의 외부에서 잉곳으로서 준비될 수 있다. 또는, 이 공융 또는 유사 공융 합금은 도가니(22)내에서 구성 성분을 용융함으로써 준비될 수 있다.

<25> 작업에 있어서, 노 박스(14)는 충분히 높은 온도로 사전 가열되어 셀 주형(16)내의 합금이 용융되는 것을 보증한다. 다음에, 주형(16)은 주형 위치 결정 장치(18)에 의해 규정 속도로 액체 공융 금속 냉각제(20)내로 하강된다. 고체-액체 계면은 열이 합금으로부터 셀 주형(16)내로 전도되고, 공융 냉각 금속에 의해 빼앗김에 따라 상부 방향으로 진행한다. 잉곳은 합금이 냉각 욕(20)내로 잠김에 의해 충분히 냉각된 후에 완전히 형성된다.

<26> 실시예 1

<27> 하기 실시예 1은 알루미늄 금속 냉각 욕을 사용하여 수행된 방향성 응고 방법을 도시하고 있다. 이 방법에 있어서, 터빈 블레이드 주물은 AISI 309 스테인레스강(Fe-13.5wt% Ni, 23wt% Cr, 0.2wt% C)으로 제조된 주형으로 우선 주조된다. 주형 및 주물은 0.5cm/분의 속도로 용융 알루미늄의 욕내로 하강된다. 용융 알루미늄의 온도는 710℃, 즉 순수 알루미늄의 용점 위로 약 50℃에서 유지된다. 주조 부품에서 측정된 온도 구배는 98℃/cm이다. 용융 알루미늄내로의 스테인레스강 주형의 측정된 용해 속도는 0.001mm/시간이다.

<28> 실시예 2

<29> 터빈 블레이드 주물은 용융 금속 알루미늄(12wt% Si)의 냉각 욕을 사용하는 액체 금속 냉각 방법에 의해 제조된다. 터빈 블레이드 주물은 AISI 309 스테인레스강 주형에서 주조되며, 용융 이원 공융 합금 알루미늄 냉각 욕내로 0.5cm/분의 속도로 하강된다. 용융 합금 냉각 욕의 온도는 625℃, 즉 합금의 용점인 577℃보다 약 50℃ 높은 온도에서 유지된다. 주조 부품에서 측정된 온도 구배는 103℃/cm로, 실시예 1의 기본 경우보다 5% 향상되었다. 용융 알루미늄 합금내로의 스테인레스강 용기의 측정된 용해 속도는 0.0002mm/시간으로, 실시예 1에 비하여 용해 속도가 5배 감소하였다.

<30> 실시예 3

<31> 터빈 블레이드 주물은 용융 합금 알루미늄(27wt% Cu, 5.3wt% Si)의 냉각 욕을 사용하는 액체 금속 냉각 방법에 의해 제조된다. 터빈 블레이드 주물은 AISI 309 스테인레스강 주형에서 주조되며, 용융 삼원 공융 합금 알루미늄 냉각 욕내로 0.5cm/분의 속도로 하강된다. 용융 합금 냉각 욕의 온도는 575℃, 즉 합금의 용점인 524℃보다 약 50℃ 높은 온도에서 유지된다. 주조 부품에서의 온도 구배는 106℃/cm로, 실시예 1의 기본 경우보다 8% 향상되었다. 용융 알루미늄 합금내로의 스테인레스강 용기의 측정된 용해 속도는 0.0001mm/시간으로, 실시예 1에 비하여 용해 속도가 5배 감소하였다.

<32> 실시예는 본 발명의 실시예의 공융 합금 금속 냉각 욕으로 얻을 수 있는 향상된 냉각 특성을 나타낸다.

<33> 본 발명의 바람직한 실시예가 설명되었지만, 본 발명은 변경 및 변화의 가능성이 있으며, 그에 따라 이러한 실시예의 상세한 기술에 엄격하게 한정되지는 않는다. 본 발명은 하기의 청구범위의 범위내에 있는 변화 및 변경을 포함한다.

발명의 효과

<34> 본 발명에 따르면, 액체 금속 냉각식 방향성 응고 주조 방법에 있어서, 용융 금속 알루미늄(12 중량% Si)의 냉

각 욕 및 용융 금속 알루미늄(27 중량% Cu, 5.3 중량% Si)의 냉각 욕을 사용하여 순수 알루미늄의 욕을 사용하는 경우보다 주조 부품내의 온도 구배를 향상시키고, 용융 알루미늄 합금내로의 스테인레스강 용기의 용해 속도를 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 방향성 응고 방법을 수행하기 위한 노의 개략적인 단면도.
- <2> 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명
- <3> 10 : 방향성 응고 노 12 : 저항 가열식 흑연 스트립
- <4> 14 : 노 박스 16 : 주형
- <5> 18 : 주형 위치 결정 장치 20 : 금속 냉각 욕
- <6> 22 : 도가니

도면

도면1

