



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.

B22D 1/00 (2006.01)

(45) 공고일자 2007년05월14일

(11) 등록번호 10-0718405

(24) 등록일자 2007년05월08일

(21) 출원번호 10-2000-0061539
 (22) 출원일자 2000년10월19일
 심사청구일자 2005년10월18일

(65) 공개번호 10-2001-0040128
 (43) 공개일자 2001년05월15일

(30) 우선권주장 09/422,179 1999년10월22일 미국(US)

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

(72) 발명자 지글리오티마이클프란시스자비에르이세
 미국뉴욕주12302스코티아카일드라이브41

황쉬친
 미국뉴욕주12110라담스타보드웨이6

피터슨로저존
 미국뉴욕주12072풀톤빌피오박스109리버사이드드라이브20

페록치리크랜포드
 미국뉴욕주12309쉐넥터디반안트워프로드1220

(74) 대리인 김창세
 장성구

(56) 선행기술조사문헌
 일본공개특허 소59-207894호

심사관 : 김종혁

전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 주물의 형방향 입자 크기 제어 방법, 주조 주상 제품과 및 액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법

(57) 요약

주물 내에 다수의 입자를 핵생성할 수 있는 입자 종자는 주형 내에 위치된다. 이 주형은 용융 금속으로 충전되며, 응고 계면은 주형을 냉각조 내에 잡기게 함으로써 입자 종자로부터 용융 금속을 통하여 통과하게 되어 입자 종자에 의해 핵생성된 다수의 입자를 갖는 주물을 형성한다.

대표도

도 3

특허청구의 범위

청구항 1.

주물의 횡방향 입자 크기를 제어하는 방법에 있어서,

응고하는 주물에 복수의 입자를 핵생성할 수 있는 입자 종자(grain starter)를 주형 내에 배치하는 단계로서, 상기 입자 종자가 상기 응고하는 주물의 소정의 수지상 아암(dendrite arm) 간격보다 작은 횡방향 입자 크기를 포함하는, 상기 배치 단계와,

상기 주형을 용융 금속으로 채우는 단계와,

상기 주형을 냉각조(cooling bath)에 잠기게 함으로써 응고 계면을 상기 입자 종자로부터 상기 응고 주물을 통하여 이동시켜 상기 입자 종자에 의해 핵생성된 복수의 입자를 포함하는 주물을 형성하는 단계를 포함하는

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 2.

삭제

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 입자 종자가 500 μm 미만의 입자 간격을 포함하는

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 4.

삭제

청구항 5.

삭제

청구항 6.

삭제

청구항 7.

삭제

청구항 8.

제 1 항에 있어서,

상기 냉각조가 액체 금속 냉각조를 포함하는

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 9.

제 1 항에 있어서,

상기 입자 종자가 초합금 중의 미립자를 핵 생성할 수 있는 금속 주조체를 포함하는

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 10.

제 1 항에 있어서,

상기 입자 종자가 조밀화 금속 분말을 포함하는

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 11.

제 1 항에 있어서,

상기 입자 종자가 기계적으로 가공되고 열처리된 연금속(wrought metal) 또는 세라믹중의 적어도 하나인

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 12.

제 1 항에 있어서,

상기 입자 종자가 니켈, 크롬, 철계 초합금을 포함하는

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 13.

제 1 항에 있어서,

상기 주물이 초합금을 포함하며, 상기 입자 종자가 산화 코발트 또는 코발트 알루미네이트를 포함하는

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 14.

제 1 항에 있어서,

상기 입자 종자가 GTD-111 또는 르네 80(Rene 80)을 포함하는

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 15.

제 1 항에 있어서,

상기 주물이 초합금을 포함하며, 상기 입자 종자가 상기 주물과 동일한 초합금을 포함하는

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 16.

제 1 항에 있어서,

상기 주물이 가스 터빈 블레이드를 포함하는

주물의 횡방향 입자 크기 제어 방법.

청구항 17.

삭제

청구항 18.

직경이 1/16인치 미만인 입자의 영역이 상기 주물의 베이스 위로 2인치 미만으로 연장되는

주상 주조 제품.

청구항 19.

제 18 항에 있어서,

직경이 1/16인치 미만인 입자의 영역이 상기 주물의 베이스 위로 1/2인치 미만의 길이로 연장되는

주상 주조 제품.

청구항 20.

제 18 항에 있어서,

직경이 1/16인치 미만인 입자의 영역 위로 연장되고, 성장 방향에 대해 20° 미만의 입계를 갖는 주상 입자 조직을 더 포함하는

주상 주조 제품.

청구항 21.

삭제

청구항 22.

삭제

청구항 23.

삭제

청구항 24.

주상 입자 간격을 갖는 제품을 형성하기 위한 액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법에 있어서,

주상 제품에 관한 입자 간격을 결정하는 단계와,

제품을 액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법에 의해 주조할 때, A) 응고하는 주물의 소망의 수지상 아암 간격보다 작고, 또 B) 제품에 횡방향 입자 크기를 제공하기에 충분한 횡방향 입자 크기를 포함하는 입자 종자를 선택하는 단계와,

주형에 상기 입자 종자를 배치하는 단계와,

상기 주형을 용융 금속으로 채우는 단계와,

상기 주형을 상기 액체 금속 냉각조에 잠기게 함으로써 응고 계면을 상기 입자 종자로부터 상기 용융 금속을 통하여 이동 시켜 상기 입자 종자의 횡방향 크기에 의해 결정된 주상-입자 조직을 갖는 상기 제품을 형성하는 단계를 포함하는

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 25.

제 24 항에 있어서,

용융 금속 및 입자 종자로 채어진 주형을 제공하는 단계와,

상기 주형의 축을 따라 응고 계면을 이동시켜 단결정 주상-입자 제품의 길이를 따라 실질적으로 <100> 입자를 갖는 단결정 주상-입자 제품을 제공하는 단계를 더 포함하는

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 26.

제 24 항에 있어서,

응고하는 주물에서 복수의 입자를 핵생성하는 것이 가능한 미립자 초합금 다결정 입자 종자를 제조하는 단계를 더 포함하는

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 27.

제 26 항에 있어서,

입자 종자를 제조하는 상기 단계가,

금속 분말을 조밀화하여 조대 입자 사이즈를 갖는 조직을 형성하는 단계와,

상기 조직을 열처리하여 무질서한 방위의 복수의 입자를 갖는 상기 조직 내의 입자 크기를 정련하는 단계와,

상기 조직을 상기 입자 종자로서 제공하는 단계를 포함하는

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 28.

제 26 항에 있어서,

상기 입자 종자를 제조하는 상기 단계가,

금속 및 세라믹 중의 하나를 소성 가공, 기계 가공 및 합성하는 것 중의 적어도 하나를 실시하여 변형된 입자를 갖는 조직을 형성하는 단계와,

상기 조직을 무질서한 방위의 복수의 입자로 재결정화하기에 충분한 온도로 가열하는 단계를 포함하는

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 29.

제 26 항에 있어서,

입자 종자를 제조하는 상기 단계가, 금속 또는 세라믹을 소성 가공, 기계 가공 및 합성하는 것 중의 적어도 하나를 실시하여 변형된 입자를 갖는 입자 종자를 형성하는 단계를 포함하는

액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법.

청구항 30.

삭제

청구항 31.

삭제

청구항 32.

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 주상 초합금(superalloy) 주물의 입자 간격을 제어하기 위한 방법에 관한 것이다.

초합금은 고온에서 우수한 강도 및 내산화성을 갖는 니켈, 코발트, 니켈-철 또는 철계(iron-based) 내열 합금을 포함한다. 초합금은 표면 안정성을 부여하기 위해 크롬을 함유하고, 강화 목적으로 몰리브덴, 텅스텐, 콜럼븀(columbium), 티타늄 또는 알루미늄 등의 하나 이상의 보다 작은 물질을 포함할 수 있다. 초합금의 물리적 성질은 가스 터빈 구성 요소의 제조에 특히 유용하다.

입자(grain)는 다결정 고체에서 개별 결정이다. 입계(grain boundary)는 개별 결정 사이의 계면이다. 초합금의 결정 입자 특성은 초합금의 성질을 결정할 수 있다. 예를 들면, 초합금의 강도는 입자 간격에 의해 부분적으로 결정된다. 저온에서, 입계는 전위(dislocation) 이동을 방해한다. 따라서, 미립자 동축 조직은 저온에 대해 양호하다. 고온에서, 변형 방법은 제어된 확산이다. 입계를 따른 확산은 입자 내에서 보다 훨씬 크다. 따라서, 조대-입자 간격 조직은 고온에서 미립자 조직보다 강할 수 있다. 일반적으로, 유도 응력의 방향에 수직하게 배향된 입계에서 균열이 시작된다. 주물의 긴 축에 실질적으로 평행하게 정렬된 일방향성 결정을 갖는 기다란 주상 조직을 생성하도록 초합금을 주조함으로써, 주 응력축(primary stress axis)에 수직한 입계의 개수를 최소화할 수 있다.

방향성 응고는 주상 결정 조직을 갖는 터빈 블레이드 등을 제조하는데 사용되는 방법이다. 일반적으로, 결정 성장 조직은 부품을 형성하는 수직으로 배치된 주형의 베이스에서 생성되며, 응고 전방부는 이동하는 열 구배의 영향하에서 조직을 통하여 진행된다. 방향성 응고 동안에, 니켈, 코발트 또는 철계 초합금의 결정은 "수지상(dendritic)" 형태로 특징지어 진다. 수지상은 형성 고체가 미세-분지형 침(fine branched needles)의 배열로서 여전히 용융 액체 내로 연장하는 곳에서의 결정 성장의 형태를 지칭한다. 응고 방향에서 침 사이의 간격은 "1차 수지상 아암 간격(primary dendrite arm spacing)"으로 불린다. 침의 길이를 따라 측면 분지 또는 아암의 간격은 "2차 수지상 아암 간격"으로 불린다. 1차 및 2차 수지상 아암 간격 모두는 냉각 속도의 함수이다. 냉각 속도는 고체 액체 계면에서 응고 속도와 열 구배의 곱이다.

응고 속도 동역학은 결정학적 배향에 따라 변화한다. 일정한 구동력(driving force)에 있어서, 니켈계 초합금의 응고 속도는 일반적으로 결정학적 단위 세포 에지 방향(<100> 방향)으로 가장 크다.

방향성으로 응고된 초합금의 하나의 소정의 마이크로 조직은 입계가 응고 방향으로 정렬되도록 응고의 방향을 따라 신장된 입자로 구성된다. 입자의 결정학적 단위 세포 에지 방향(<100> 방향)은 향상된 기계적 성질을 제공하도록 응고 방향에 평행한 것이 또한 바람직하다. 2개의 입자가 동일한 온도 구배로 나란히 성장한다면, <100> 방향에 가장 근접한 성장축을 갖는 입자가 보다 빠르게 성장한다. 또한, 보다 빠르게 성장한 입자는 측방향으로 전개된다. 입자의 측방향의 전개(spread)는 2차 아암의 성장에 의해 발생한다. 2개의 입자가 액체 내로 나란히 성장하고, 하나의 입자가 2차 아암 간격에 의해 다른 입자를 앞서가는 경우에, 앞선 입자는 전방에 2차 아암을 연장하여 뒤진 입자를 위축시킨다. 이러한 현상을 "경쟁 성장"이라 칭한다. 경쟁 성장이 <100> 방향에 근접한 입자만의 조직을 이를 때까지, 입계는 주조부의 축에 평행하지 않고, 축선을 따르지 않는다. 입자가 평행한 성장을 이루기 위해 경쟁하는 주물의 부분은 터빈 부품으로 이용할 수 없고, 폐기되어야 한다.

상술된 입자 간격의 특징을 갖는 주상 주물을 제조할 수 있는 방향성 응고 방법에 대한 요구가 있다. 게다가, 정렬된 평행 축 배향 결정의 특징을 갖는 주물의 증가된 비율을 제공하는 방향성 응고 방법에 대한 요구가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 주물의 입자 간격을 제어하기 위한 방법 및 그 방법의 제품에 관한 것이다. 이러한 방법에 있어서, 다수의 입자를 핵생성할 수 있는 입자 종자는 주형 내에 배치된다. 주형은 용융 금속으로 충전되며, 응고 계면은 주형을 냉각조(bath) 내에 잠기게 함으로써 입자 종자로부터 용융 금속을 통하여 통과하게 되어 입자 종자에 의해 핵생성된 다수의 입자를 갖는 주물을 형성한다.

일 실시예에 있어서, 입자 간격은 주상 제품에 대해 결정된다. 제품이 액체 금속 냉각식 방향성 응고 방법으로 주조되는 경우에 입자 종자는 제품에 입자 간격을 제공하도록 결정된 입자 간격을 갖도록 선정된다. 입자 종자는 주형 내에 배치되며, 주형은 용융 금속으로 충전된다. 응고 계면은 주형을 액체 금속 냉각조 내에 잠기게 함으로써 입자 종자로부터 용융 금속을 통하여 통과하게 되어 입자 종자 간격에 의해 결정된 입자 간격을 갖는 제품을 형성한다.

다른 실시예에 있어서, 본 발명은 평행축 입자 조직의 실질적으로 증가된 비율을 갖는 주조 제품을 제조하는 방법에 관한 것이다. 이 방법은 응고하는 주물 내에 다수의 입자를 핵생성할 수 있는 미세-입자 초합금의 다결정 입자 종자를 제조하는 단계를 포함한다. 입자 종자는 주형 내에 제공되며, 주형은 용융 금속으로 충전된다. 다음에, 응고 계면은 주형을 냉각조 내에 잠기게 함으로써 입자 종자로부터 응고하는 주물을 통하여 통과하게 되어 입자 종자에 의해 핵생성된 다수의 입자를 갖는 주물을 형성한다.

발명의 구성

본 발명에 따르면, 본 발명에 의해 실시되는 바와 같은 입자 종자는 많은 미립자의 특징을 갖는다. 입자 종자는 <100> 입자의 발생을 보증하도록 방향성으로 응고된 주물의 베이스에 사용된다. 입자 종자는 모든 배향의 미립자를 핵생성한다. 모든 위치에서, <100> 배향을 갖는 일부 입자가 있을 것이다. <100> 입자는 경쟁 성장에 의해 다른 배향을 위축시킨다.

도 1은 본 발명의 입자 종자의 사용없이 액체 금속 냉각 방법에 의해 제조된 주물을 도시하고 있다. 도 1에 있어서, 초합금 주물은 주형 내에 액체 금속을 주입하거나 원위치에 용융 금속을 주입함으로써 제조된다. 이동하는 온도 프로파일은 예를 들면, 용해로의 외부로 주형을 하강시킴으로써 주물을 따라 발생된다. 응고 과정의 초기에, 몇 개의 고체 결정은 주형의 가장 저온 영역에서 액체 금속으로부터 핵생성된다. 이러한 결정은 일반적으로 무질서한 배향을 갖는다. 방향성 응고 과정이 진행됨에 따라서, 가장 근접한 <100> 배향을 갖는 입자는 다른 입자를 소멸시킨다. 이러한 경쟁 성장 과정은 상당한 거리에 대해 주물을 따라 지속하는 입자를 잘못 배향되게 할 수 있다. 이런 주물은 좋지 못한 품질로 여겨지고 일부 적용에 유용하지 않을 수 있다.

본 발명에 의해 실시되는 바와 같은 입자 종자는 도 2에 도시되어 있다. 입자 종자는 미세하고 무질서하게 배향된 입자를 갖는다. 무질서하게 배향된 입자는 많은 입자의 특징을 갖는 결정 성장을 하게 한다. 모든 영역에서, <100> 배향을 갖는 몇 개의 입자가 있을 것이다. 이러한 <100> 입자는 다른 입자의 성장을 빠르게 소멸시키는 잘 배향된 입자이다. 입자 종자 용 입자의 간격은 주물의 수지상 아암 간격보다 작다. 이것은 <100> 배향 입자가 다른 입자의 성장을 빠르게 소멸시키는 1차 수지상 아암을 이루게 한다.

입자 종자는 초합금에서 미립자를 핵생성할 수 있는 금속 주물제(casting agent)를 포함한다. 입자 종자는 적어도 다수의 입자를 포함하는 다결정 조직을 갖는다. 입자 종자는 약 $10\mu\text{m}$ 보다 적어도 큰 입자 간격의 특징을 갖는다. 입자 종자의 입자 간격은 진행 결정의 기대된 수지상 아암 간격보다 작도록 선택될 수 있다. 수지상 아암 간격은 냉각 속도의 함수인 동시에, 수지상 아암 간격은 일반적으로 약 $100\mu\text{m}$ 내지 약 $500\mu\text{m}$ 이다. 입자 종자의 입자 간격은 약 $500\mu\text{m}$ 보다 작고, 바람직하게는 약 $200\mu\text{m}$ 보다 작으며, 보다 바람직하게는 약 $100\mu\text{m}$ 보다 작도록 선택될 수 있다.

요구되는 미립자 종자는 금속 분말, 연금속(a wrought metal) 및 미립자용으로 효율적인 핵생성제인 세라믹 중의 적어도 하나의 조밀화에 의해 제조될 수 있다. 하나의 방법에 있어서, 입자 종자는 주조 거대 입자 사이즈를 갖는 초내열 금속의 바아(bar)를 기계적으로 가공함으로써 제조된다. 초합금은 소성적으로 변형된 후에 풀림 처리되거나, 다른 열처리를 행하여 금속 조직을 미세하고 무질서하게 배향된 입자 조직으로 재결정화한다.

본 발명에 의해 실시되는 바와 같은 다른 방법에 있어서, 초합금은 저온에서 기계적으로 가공되고, 기계 가공되거나, 다르게 합성된 후에 열처리를 행하여 금속을 소정의 최종 입자 사이즈로 재결정화한다.

본 발명에 의해 실시되는 바와 같은 또 다른 방법에 있어서, 결정되지 않은 입자 조직의 초합금의 입자 종자는 기계적으로 변형된 후에 방향성 응고 용해로 주형에 위치된다. 입자 종자는 "가공된" 상태로 사용된다.

입자 종자는 니켈, 크롬, 또는 철계 초합금을 포함할 수 있다. 이러한 입자 종자의 예는 하스텔로이 X(Hastelloy X), 르네 80(Rene 80), IN 738, Ni-20Cr-10Ti 합금, GTD-111, GTD-222, 르네 41, 르네 125, 르네 77, 르네 95, 인코넬 706 (Inconel 706), 인코넬 718, 인코넬 625, 코발트계 HS188, 코발트계 L-605 및 스테인레스강을 포함한다. 초합금의 미립자용 세라믹 핵생성제는 산화 코발트 및 코발트 알루미네이트를 포함하나, 그것에만 한정되지 않는다.

입자 종자의 사용은 액체 금속 냉각 과정에 의해 제조된 주물에 유리하다. 방향성 응고 과정에 있어서, 주형은 칠 플레이트(chill plate) 상에 위치된다. 입자는 액체 금속이 주형 내로 주입될 때에 냉각 영역에서 핵생성한다. 액체 금속 냉각 과정에 있어서, 주형은 냉각하기 위한 액체 금속 내로 하강된다. 주형은 응고 초기에 냉각조 위에 있다. 입자 종자는 금속이 냉각할 때에 적절한 입자 핵생성을 보증하는데 사용될 수 있다.

도 3은 본 발명에 의해 실시되는 바와 같은 방향성 응고 과정용 용해로(10)의 개략적인 단면도를 도시하고 있다. 도 3에 있어서, 방향성 응고 용해로(10)는 예를 들면, 차폐된 용해로 박스(14) 내의 저항 가열식 흑연 스트립(12)에 의해 가열된다. 세라믹 웰 주형(16)은 주형 위치 결정 장치(positioner)(18)에 의해 용해로(10)에 매달린다. 입자 종자(20)는 주형(16) 내에 배치된다.

초합금(22)은 도가니(24)에서 용해되며, 주형(16) 내로 베이슨(basin)(26)을 통하여 주입된다. 다음에, 무질서하게 배향된 고체 초합금 입자는 입자 종자(20)상에 핵생성한다. 그 후에, 주형(16)은 정해진 하강 속도로 용기(30) 내의 액체 냉각 금속(28) 내로 하강한다. 고체-액체 계면은 열이 냉각 금속(28)에 의해 액체 금속으로부터 멀리 전달됨에 따라 냉각 금속(28)으로부터 먼 액체 금속에 상부 방향으로 전진한다. 주형(16)이 용해로(10)로부터 배출되어서 냉각 금속(28) 내로 잠긴 후에 주괴(ingot)가 형성된다.

이러한 특징 및 다른 특징은 하기 실시예로부터 명백해질 것이다. 이 실시예는 어떻게든지 본 발명을 제한하지 않고자 한다.

하기의 실시예에 있어서, 원통형 주물은 알루미늄계 주형을 사용하는 브리지만(Bridgman) 용해로에서 제조되었다. 각 실시예에 있어서, 용해로 주물 온도는 약 1550°C이고, 배출 속도는 약 12인치/시간이며, 모든 치수 및 측정치는 근사치이다. 소결된 코발트 알루미네이트 및 고온 압축 성형된 니켈 합금 르네 80의 입자 종자가 니켈 합금 GTD-111 주물용 입자 종자로서 사용된다. 초기 르네 80 분말 사이즈는 500 μm 보다 작다. 종래의 브리지만 용해로에 있어서, 주물은 용해로로부터 하강하고, 복사에 의해 냉각된다. 하기 실시예에 있어서, 용해로 주형에는 냉각 플레이트가 제공되어 액체 금속 용탕과 같은 냉각조에 의해 냉각을 모의실험 하였다. 중량비로서 니켈 합금 르네 80의 조성은 Ni, 9.5Co, 14Cr, 4.0 Mo, 4.0 W, 3.0 Al, 5.0 Ti, 0.17 C, 0.015 B 및 0.03 Zr이다. 중량비로서 니켈 합금 GTD-111의 조성은 Ni, 9.5 Co, 14Cr, 1.6 Mo, 3.8 W, 3.0 Al, 4.9 Ti, 2.8 Ta, 0.10 C, 0.12 B 및 0.04 Zr이다.

실시예 1

GTD-111의 7/8인치 직경의 주물은 산화 알루미늄 주형에서 성장된다. 주물을 종방향으로 절단하고, 산(acid)으로 에칭(etch)하여 주물 입자 조직을 관찰한다. 성장 방향에 대해 약 20°보다 큰 각도를 갖는 입계가 주물의 베이스 위의 2인치에서 관찰되었다.

실시예 2

고온 압축 성형된 르네 80 분말의 입자 종자가 주물 주형의 저면에 위치된 것 이외에는 실시예 1과 유사한 방법으로 주물을 제조한다. 압축 성형된 르네 80의 입자 사이즈는 500 μm 보다 작다. 최종 주물은 주물의 1/2인치 길이에서 직경이 1/16 인치보다 작은 매우 미립자의 영역을 나타낸다. 미립자의 이러한 영역 위에서, 입자 조직은 주상이며, 입계는 성장 방향에 대해 약 20°보다 작은 각도로 배향된다. 미립자의 영역 위의 조직은 이용 가능하다. 수용 가능한 주물의 영역은 실시예 1의 수율(收率)을 초과하는 수율의 증가를 나타낸다.

실시예 3

소결된 코발트 알루미네이트(CoAl_2O_4)의 입자 종자가 주물의 저면에 위치된 것 이외에는 실시예 1과 유사한 방법으로 주물을 제조한다. 이러한 입자 종자는 그 표면상에 기계 가공된 1/8인치 깊이의 홈을 가져서 초합금과 입자 종자의 접촉 면적을 증가시킨다. 주물의 베이스에서 1/2인치 영역은 등방성(equiaxed) 입자를 나타낸다. 이 영역 위에서, 주상 조직은 주물 저면으로부터 1/2인치보다 작은 곳에서 존재하기 시작한다. 사용 가능한 주물은 1/2인치 길이를 초과하여 연장된다. 수용 가능한 주물의 영역은 실시예 1을 초과하는 수율의 실질적인 증가를 나타낸다.

본 발명의 실시예가 설명되었지만, 본 발명은 변형 및 수정의 가능성성이 있으며, 그에 따라 이러한 실시예의 세밀하고 상세한 기술에 한정되지는 않는다. 본 발명은 하기의 청구범위의 범위 내에 있는 변경 및 변화를 포함한다.

발명의 효과

본 발명에 따르면, 주물 내에서 다수의 입자를 핵생성할 수 있는 입자 종자를 주형 내에 배치하고, 주형을 냉각조 내에 잠기게 함으로써 입자 종자로부터 용융 금속을 통하여 응고 계면을 통과시켜 제어된 입자 간격을 갖는 주상 주물을 제조할 수 있고, 또한 정렬된 평행축 배향 결정의 특징을 갖는 주물의 증가된 비율을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 불균일 입자 핵생성을 갖는 마이크로 조직의 개략도,

도 2는 미세-입자의 입자 종자(starter)로부터 마이크로 조직 성장의 개략도,

도 3은 방향성 응고 과정을 수행하기 위한 용해로의 개략적인 단면도.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

10 : 용해로 12 : 저항 가열식 흑연 스트립

14 : 용해로 박스 16 : 주형

18 : 주형 위치 결정 장치 20 : 입자 종자

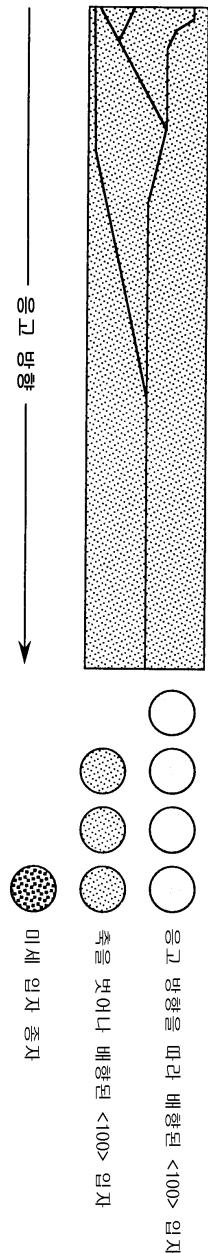
22 : 초합금 24 : 도가니

26 : 베이슨 28 : 냉각 금속

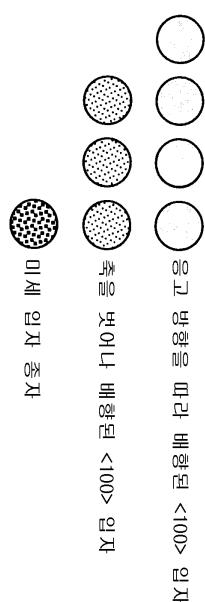
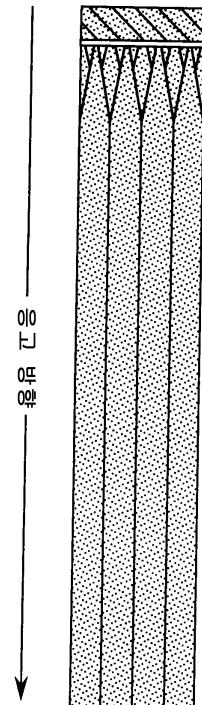
30 : 용기

도면

도면 1



도면2



도면3

