



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2011년10월07일  
 (11) 등록번호 10-1071112  
 (24) 등록일자 2011년09월30일

(51) Int. Cl.  
**B22D 21/00** (2006.01) **C23C 10/00** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2008-0132038  
 (22) 출원일자 2008년12월23일  
 심사청구일자 2008년12월23일  
 (65) 공개번호 10-2010-0073379  
 (43) 공개일자 2010년07월01일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR100542659 B1\*  
 KR1020000068898 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**한국기초과학지원연구원**  
 대전광역시 유성구 어은동 52번지  
 (72) 발명자  
**정혜진**  
 대전광역시 유성구 장대동 푸르지오아파트 108동 106호  
 (74) 대리인  
**공인복**

전체 청구항 수 : 총 2 항

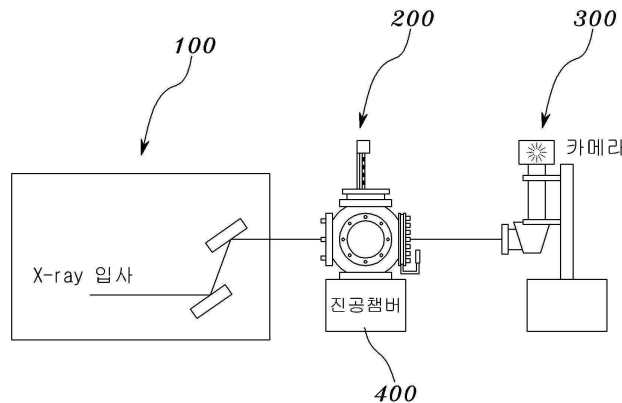
심사관 : 이정엽

**(54) 알루미늄 합금의 고상화시 다결정입도 조절장치**

**(57) 요약**

본 발명은 알루미늄 합금의 고상화시에 따른 미세 다결정입도 조절장치는 알루미늄 합금을 고상화(solidification)시키기 위한 고상화 장치에 있어서, 방사광 빔을 고상화시키고자 하는 알루미늄 합금에 입사시키는 방사광 공급수단, 내부의 온도 조절과 회전수단을 통한 회전력에 의해 알루미늄 합금을 고상화시키는 회전 브리지만 로 및 상기 방사광 공급수단으로부터 공급받은 방사광이 알루미늄 합금을 통과하면 이를 획득하여 입자구조를 촬영하는 촬영수단을 포함하여 구성되고, 상기 촬영수단을 통해 획득한 알루미늄 합금의 이미지를 확인하여 회전 브리지만 로를 제어함으로써 알루미늄 합금의 입자구조를 결정하는 것을 특징으로 한다. 이와 같이 구성되는 본 발명은 실시간으로 알루미늄 합금의 입자구조를 확인하면서 고상화시킬 수 있어 원하고자 하는 결정립에 따라 용이하게 고상화할 수 있는 이점이 있다.

**대표도 - 도2**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

알루미늄 합금을 고상화(solidification)시키기 위한 고상화 장치에 있어서,  
 방사광 빔을 고상화시키고자 하는 상기 알루미늄 합금에 입사시키는 방사광 공급수단;  
 내부의 온도 조절과 회전수단을 통한 회전력에 의해 알루미늄 합금을 고상화시키는 회전 브리지만 로; 및  
 상기 방사광 공급수단으로부터 공급받은 방사광이 알루미늄 합금을 통과하면 이를 획득하여 입자 구조를 촬영하는 촬영수단;을 포함하여 구성되고,  
 상기 촬영수단을 통해 획득한 알루미늄 합금의 이미지를 확인하여 회전 브리지만 로의 회전력을 제어함으로써 알루미늄 합금의 입자를 결정하며,  
 상기 회전 브리지만 로는, 시간에 대해 분당 회전수의 주기가 삼각 풀 모드, 사인 모드, 연속 모드, 사다리 풀 모드 중 어느 하나의 모드를 통해 알루미늄 합금을 고상화시키고,  
 상기 회전 브리지만 로를 수용하는 것으로, 진공 분위기를 유지시키는 진공챔버를 더 포함하며,  
 상기 방사광 공급수단은, X-ray 빔을 출력하는 싱크로트론 빔(방사광 가속기)이고,  
 상기 회전 브리지만 로는,  
 냉간측과 고온측이 구비되며 알루미늄 합금을 수용하는 로(furnace);  
 상기 로 내부에 수용되는 알루미늄 합금을 지지하며, 지지된 알루미늄 합금을 각각 회전시키고 냉간측과 고온측으로 유동 가능하게 구비되는 지지대;  
 상기 지지대를 회전시키는 ACRT;  
 상기 지지대의 높이를 조절하는 높이조절부; 및  
 상기 로의 온도를 조절하는 온도제어부;를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

제 1항에 있어서, 상기 지지대는,  
 3개의 지지대가 각각 알루미늄 합금을 지지하고 있는 것을 특징으로 하는 알루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치.

**청구항 8**

삭제

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 알루미늄 합금의 고상화시에 따른 미세 다결정입도 조절장치에 관한 것으로 좀 더 상세하게는 알루미늄 합금의 고상화시 다결정입도를 실시간으로 조절하여 고상화시키는 알루미늄 합금의 고상화시에 따른 미세 다결정입도 조절장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 50년 이상의 역사를 가지고 있는 알루미늄 합금의 주조에서는 재료의 최종 성질을 결정하는 것은 미세구조의 제어에서 비롯된다. 주조품의 가장 큰 문제점은 낮은 연성과 낮은 강도인데 이러한 주조제품의 기계적 성질을 향상시키기 위해서 정교한 다결정입도의 조절이 필요하다.

[0003] 좋은 재료물성을 갖는 주조품은 자동차 및 항공기의 부품으로 쓰이게 되며, 이렇게 정밀히 제어된 알루미늄은 고기능 경량성 합금 제조 개발 및 응용의 기초가 된다.

[0004] 일반적으로 합금의 고상화시 미세구조는 크게 주상정 또는 등축정의 두 가지 형태로서 출현된다.

[0005] 주상정(Columnar grain)은 수지상정 표면으로부터 연속해서 내부를 향하여 성장하는 경우에 최종적으로 기둥과 같은 가늘고 긴 결정이 잘 정렬하게 되는 것을 말한다.

[0006] 주상정의 경우 특이화 된 한쪽 방향으로의 성장의 결과이므로 무엇보다도 재료내의 이방성을 단점으로 생각할 수 있다. 이런 주상정은 잉곳의 내부로 성장하며 기계적 섬유화로 인한 이방성, 길이 방향으로의 강도 증가, 소성 변형에 따른 전위이동, 생성 및 집적이 결정립 내부에서 일어나 전위밀도의 증가도 나타난다. 이런 주상정의 재료 경화는 열처리를 통하여 감소시킬 수 있다.

[0007] 등축정(Equiaxed grain)은 수지상정이 흩어져서 액체 중에 떠다니고, 이것이 각자 성장해 가는 경우는 완성된 후에 보면, 짧은 형태의 결정이 각각의 방향을 향하여 있는데 이를 등축정이라고 한다. 이런 등축정의 장점에는 최종 재료의 색과 형태의 지속성 유지 향상, 잉곳의 크랙 감소, 재료 균질성 향상, 재료 내 기공 감소, 기계적 가공 특성 향상, 열처리 반응 효과의 향상 등이 있다.

[0008] 도 1은 알루미늄 합금의 고상화시 일반적으로 관찰되는 주상정과 등축정 미세구조를 나타낸 것이다.

[0009] 주상정의 경우는 결정립들의 성장방향이 한 방향으로만 선택되어 발달하는 성질이 있으며, 이에 따른 고온 크리프(creep) 특성이 강해 터빈 블레이드와 같은 재료의 기반이 된다. 그와 반해, 등축정의 경우는 일단 결정립의 크기가 주상정의 경우에 비해 훨씬 작고 성장 방향 역시 등방적이므로 균일한 재료의 성질이 요구되는 주조품에 주로 쓰인다.

[0010] 등축정의 활용처로는 주로 구조자재나 자동차, 항공기, 광학기계, 전기기계, 화학공업 등의 부품 재료로 광범위하게 사용되고 있다.

[0011] 특히, 알루미늄 등축정의 경우는 자동차의 부품인 알루미늄 휠과 실린더, 피스톤, 브레이크 부분, 트랜스미션 부분과 오토바이의 엔진, 유압펌프 부품, 비행기의 부품 등 폭넓은 분야에서 그 필요성과 활용성이 증가되고 있으며, 연비 절감이나 경량화, 부품의 수명 연장에 큰 장점을 보이고 있다.

[0012] 주조 작업에서의 입자 크기 조절은 최상의 품질과 생산성, 그리고 원자절감을 위한 중요한 요소(factor)로 뽑히고 있다.

[0013] 용해된 알루미늄 입자 미세화제(접종제)의 적절한 첨가는 주조합금에 균일하고 미세한 입자구조를 만들어 내는데 중요한 역할을 하며 원주 결정체(주상정)의 형성을 예방한다. 이와 같은 주조 속도 및 공급 특성이 증가되는 부수적인 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

[0014] 하지만, 기존의 주조 작업은 입자 구조를 필요에 따라 결정하고 할 때 고상화 후 시편을 꺼내어 현미경과 같은

관찰 장비를 통해 확인하고 원하고자 하는 입자 구조를 획득할 때 까지 반복되는 작업을 수행해야하기 때문에 번거롭고 복잡하며, 많은 시간이 소요되는 문제점이 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

[0015] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 알루미늄 합금의 고상화 시 반복적인 작업과정 없이 입자 구조(결정립)를 실시간으로 관찰하면서 원하고자 하는 입자 구조를 획득할 수 있는 장치를 제공하여 작업 시간 단축과 작업간에 번거로움을 해소시키고자 하는데 그 목적이 있다.

**과제 해결수단**

[0016] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 알루미늄 합금을 고상화(solidification)시키기 위한 고상화 장치에 있어서, 방사광 빔을 고상화시키고자 하는 알루미늄 합금에 입사시키는 방사광 공급수단, 내부의 온도 조절과 회전수단을 통한 회전력에 의해 알루미늄 합금을 고상화시키는 회전 브리지만 로 및 상기 방사광 공급수단으로부터 공급받은 방사광이 알루미늄 합금을 통과하면 이를 획득하여 입자 구조를 촬영하는 촬영수단을 포함하여 구성되고, 상기 촬영수단을 통해 획득한 알루미늄 합금의 이미지를 확인하여 회전 브리지만 로를 제어함으로써 알루미늄 합금의 입자를 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 촬영수단은, CCD 카메라를 통하여 알루미늄 합금을 통과한 방사광 이미지를 획득하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 회전 브리지만 로는, 삼각 풀 모드, 사인 모드, 연속 모드, 사다리 풀 모드 중 어느 하나의 모드를 통해 알루미늄 합금을 고상화시키는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 회전 브리지만 로를 수용하는 것으로, 진공 분위기를 유지시키는 진공챔버를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 방사광 공급수단은, X-ray 빔을 출력하는 싱크로트론 빔(방사광 가속기)인 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 회전 브리지만 로는, 냉간측과 고온측이 구비되며 알루미늄 합금을 수용하는 로(furnace), 상기 로 내부에 수용되는 알루미늄 합금을 지지하며, 지지된 알루미늄 합금을 각각 회전시키고 냉간측과 고온측으로 이동 가능하게 구비되는 지지대, 상기 지지대를 회전시키는 ACRT, 상기 지지대의 높이를 조절하는 높이조절부 및 상기 로의 온도를 조절하는 온도제어부를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 지지대는, 3개의 지지대가 각각 알루미늄 합금을 지지하고 있는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 회전 브리지만 로는, 알루미늄 합금의 온도 구배와 고상화 속도를 제어하여 고상화하는 것을 특징으로 한다.

**효과**

[0024] 상기와 같이 구성되고 작용되는 본 발명은 알루미늄 합금의 고상화시 실시간으로 입자 구조를 확인하면서 고상화시킬 수 있기 때문에 원하고자 하는 입자 구조를 용이하게 획득할 수 있어 작업 시간을 현저하게 단축시키고 반복적이고 번거로운 작업과정이 없이 원하는 입자 구조의 합금을 획득할 수 있는 장점이 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치의 바람직한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0026] 도 2는 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치를 나타낸 개략도, 도 3은 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치의 구성도, 도 4는 본 발명에 따른 회전 브리지만 로의 상세도, 도 5는 본 발명에 따른 회전 브리지만 로의 ACRT 모드를 나타낸 도면, 도 6은 본 발명에 따른 알

루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치를 통해 다양한 조건에서 결정립을 나타낸 도면이다.

- [0027] 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치는 방사광 빔을 고상화시키고자 하는 재료에 입사시키는 방사광 공급수단(100)과, 내부의 온도 조절과 회전수단을 통한 회전력에 의해 알루미늄 합금의 고상화에 따른 입자 구조를 결정하는 회전 브리지만 로(200)와, 상기 알루미늄 합금의 입자 구조를 촬영하는 촬영수단(300)을 포함하여 구성되며, 상기 촬영수단(300)을 통해 고상화 과정에서 획득한 알루미늄 합금의 입자 구조를 확인하여 원하고자 하는 입자구조를 획득할 때까지 상기 회전 브리지만 로(200)를 제어함으로써 알루미늄 합금의 입자를 결정하는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 방사광 공급수단(100)은 싱크로트론(Synchrotron) 빔을 공급하는 것으로, 이를 알루미늄 합금에 X-ray 빔을 입사하고 이를 통과된 빔을 확인함으로써 알루미늄 합금의 입자 구조를 획득하기 위하여 방사광을 공급한다.
- [0029] 본 발명에 사용되는 상기 방사광 공급수단(100)은 바람직하게 방사광 가속기를 이용하는 것으로, 이러한 방사광 가속기는 전자빔을 거의 빛의 속도로 가속시켜 이것을 저장링으로 입사하는 전자입사장치(electron injector), 입사된 전자빔을 정해진 궤도상에서 장시간 동안 계속 회전하도록 하여 전자빔이 커브를 돌 때마다 빛을 방출하게 하는 저장링(storage ring), 그리고 방출된 빛을 실험장치까지 이끌고 기타 필요한 장치들을 갖춘 방사광관(beamline)으로 개략적인 구성을 갖추고 있는 것이다.
- [0030] 이러한 상기 방사광 공급수단(방사광 가속기 ; 100)은 공지 기술로써 상세한 설명은 생략하기로 하며, 싱크로트론 빔을 공급할 수 있는 기존의 다양한 시스템을 사용할 수 있다.
- [0031] 회전 브리지만 로(Rotational Bridgman furnace ; 200)는 ACRT(accelerated Crucible Rotation Technique)장치와 기존의 로(Furnace)를 혼합하여 알루미늄 합금의 고상화 시 시편을 회전시키면서 원하고자 하는 결정립을 얻을 수 있도록 한다.
- [0032] 상기 회전 브리지만 로(200)는 고온측과 냉간측이 존재하는 로(furnace ; 210)와 상기 로 내부에 구비되어 고상화시키고자 하는 시편을 지지하는 지지대(220)와 ACRT(Accelerated Crucible Rotation Technique)빔을 통해 시편을 회전시켜 결정립을 얻기 위한 ACRT를 포함하여 구성된다.
- [0033] 또한, 로의 온도를 제어하는 온도제어부(240)를 구비하여 고온측과 냉간측의 온도를 조절하며, 상기 지지대(220)에 고정된 알루미늄 합금을 상기 로(200)의 고온측과 냉간측으로 이동시키면서 시편의 고상화(solidification) 또는 용융(melting)을 조절하기 위하여 높이조절부(250)를 구비함으로써 고상화 또는 용융시 상기 높이조절부를 통해 지지대의 높이를 결정함으로써 알루미늄 합금을 고온측 또는 냉간측으로 이동시킨다.
- [0034] 여기서 상기 ACRT 장치(회전수단)는 회전 가속화 기법을 이용한 것으로, 간단한 전자회로 장치에 의해 결정봉(지지대)의 회전각속도를 변화시켜 시편의 결정립을 얻고자 하는 것이다. 도 5에 나타난 바와 같이 상기 ACRT의 4가지 회전 모드를 보여주고 있는데, 삼각풀 모드, 사인 모드, 연속 모드, 사다리 풀 모드가 있다. 따라서 상기 ACRT 장치를 통해 회전 스피드와 회전 모드를 선택할 수 있으며, 추가적으로 각 시간에 대한 미소 스텝 사이즈( $t_1, t_2, t_3, t_4$ )를 결정할 수 있다.
- [0035] 또한, 시편의 온도 구배(Thermal Gradient)와 고상화 속도도 함께 고려하여 미세구조를 결정한다.
- [0036] 상기 회전 브리지만 로(200)를 상술한 바와 같이 구성하여 이를 진공챔버(400)에 삽입한 후 고정시킨다. 상기 진공챔버는 진공분위기를 유지하며, 방사광 공급수단에서 조사되는 X-ray 빔을 입사받기 위해 일측으로 윈도우(미도시)가 구비되고 후술할 촬영수단이 이미지를 획득하기 위해 타측으로 또 하나의 윈도우가 구비되게 된다.
- [0037] 촬영수단(300)은 상기 방사광 공급수단에 출력되는 X-ray 빔이 알루미늄 합금이 고상화가 이루어지는 상기 회전 브리지만 로의 알루미늄 합금에 입사되고 이를 통과한 빔을 획득하여 알루미늄 합금의 입자 구조 이미지를 획득한다. 여기서 X-ray 빔을 조사하여 촬영수단으로 획득하기 위한 구성은 공지 기술이 당업자라면 충분히 구성할 수 있는 것으로, 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0038] 상기 촬영수단(300)은 CCD카메라가 사용되는 것이 바람직하며, 카메라가 획득한 시그널(signal)은 미세구조 이미지로 변환하여 확인할 수 있다.
- [0039] 따라서 알루미늄 합금의 고상화 시 회전 브리지만 로(200)를 통해 원하고자 하는 결정립에 따라 높이조절부를 높이 시편이 고정된 지지대를 고온측에 위치하여 형성시킨 후 냉간측으로 이동시킴으로써 고상화된다. 그리고 방사광 공급수단을 통해 고상화된 알루미늄 합금으로 X-ray를 조사하고 이를 통해 촬영수단이 알루미늄 합금의

이미지를 획득한다.

- [0040] 획득한 이미지를 통해 알루미늄 합금을 결정을 확인하고, 원하고자 하는 결정구조가 이루어졌다면, 고상화는 종료된다. 하지만 원하고자 하는 결정구조를 달성하지 못했다면 결정구조를 다시 획득하기 위해 높이조절부를 통해 지지대를 로의 고온측으로 위치시켜 다시 고상화를 수행한 후 알루미늄 합금의 이미지를 획득하여 원하고자 하는 결정구조를 획득할 때 까지 반복 수행한다.
- [0041] 여기서 상기 로의 온도를 제어하거나, 상기 높이조절부, 방사광 공급수단, 촬영수단 등은 상용화된 소프트웨어와 컴퓨터를 통해 관리자가 용이하게 제어할 수 있게 된다.
- [0042] 따라서 기존의 결정구조를 얻기 위한 고상화 작업보다 실시간으로 결정구조 이미지를 확인하면서 용이하게 결정입도를 조절할 수 있다.
- [0043] 본 발명은 알루미늄 합금의 고상화시 실시간으로 입자 구조를 확인하면서 고상화시킬 수 있기 때문에 원하고자 하는 입자 구조를 용이하게 획득할 수 있어 작업 시간을 현저하게 단축시키고 반복적이고 번거로운 작업과정이 없이 원하는 입자 구조의 합금을 획득할 수 있는 장점이 있다.
- [0044] 도 6은 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치를 통해 다양한 조건에서 결정립을 나타낸 도면이다. Al-3.5% wt% Ni 합금을 사용한 것으로, (a)는 주상정 조직, 온도 구배 : G=30K/cm, 고상화 속도 : V=1.5 $\mu$ m/s이고, (b)는 고상화 속도의 jumping으로 인해 좀 더 길게 늘어난 주상정 조직, 온도 구배 : G=30K/cm, 고상화 속도 : V=1.5 $\mu$ m/s to V=6 $\mu$ m/s.이며, (c)는 등축정 조직, 온도 구배 : G=30 K/cm, 고상화 속도 : V=15 $\mu$ m/s이다.
- [0045] 이처럼 본 발명은 사용용도에 따라 주상정 또는 등축정으로 용이하게 알루미늄 합금의 결정립을 조절할 수 있다.

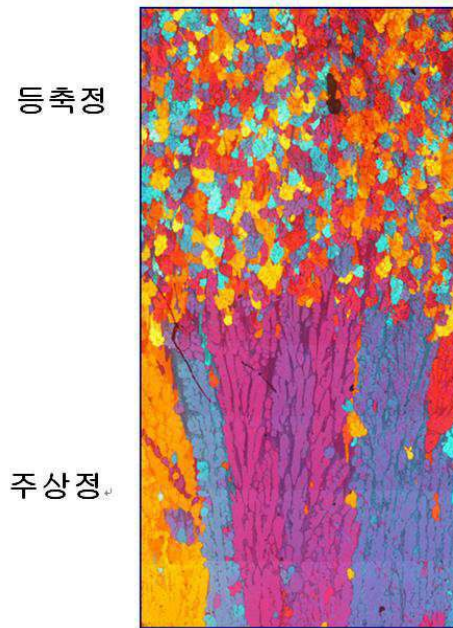
- [0046] 이상, 본 발명의 원리를 예시하기 위한 바람직한 실시예와 관련하여 설명하고 도시하였지만, 본 발명은 그와 같이 도시되고 설명된 그대로의 구성 및 작용으로 한정되는 것이 아니다.
- [0047] 오히려, 첨부된 청구범위의 사상 및 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대한 다수의 변경 및 수정이 가능함을 당업자들은 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서 그러한 모든 적절한 변경 및 수정과 균등물들도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주되어야 할 것이다.

**도면의 간단한 설명**

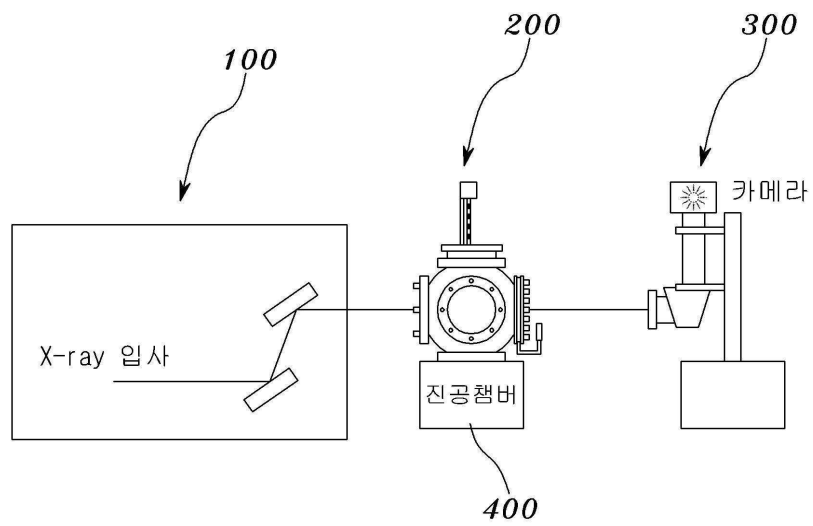
- [0048] 도 1은 알루미늄 합금의 주상정 구조와 등축정 구조를 나타낸 상태도,
- [0049] 도 2는 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치를 나타낸 개략도,
- [0050] 도 3은 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치의 구성도,
- [0051] 도 4는 본 발명에 따른 회전 브리지만 로의 상세도,
- [0052] 도 5는 본 발명에 따른 회전 브리지만 로의 ACRT 모드를 나타낸 도면,
- [0053] 도 6은 본 발명에 따른 알루미늄 합금의 고상화시 미세 다결정입도 조절장치를 통해 다양한 조건에서 결정립을 나타낸 도면.
- [0054] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>
- [0055] 100 : 방사광 공급수단                      200 : 회전 브리지만 로
- [0056] 210 : 로(furnace)                              220 : 지지대
- [0057] 230 : ACRT(회전수단)                      240 : 온도제어부
- [0058] 250 : 높이 조절부                              300 : 촬영수단
- [0059] 400 : 진공챔버

도면

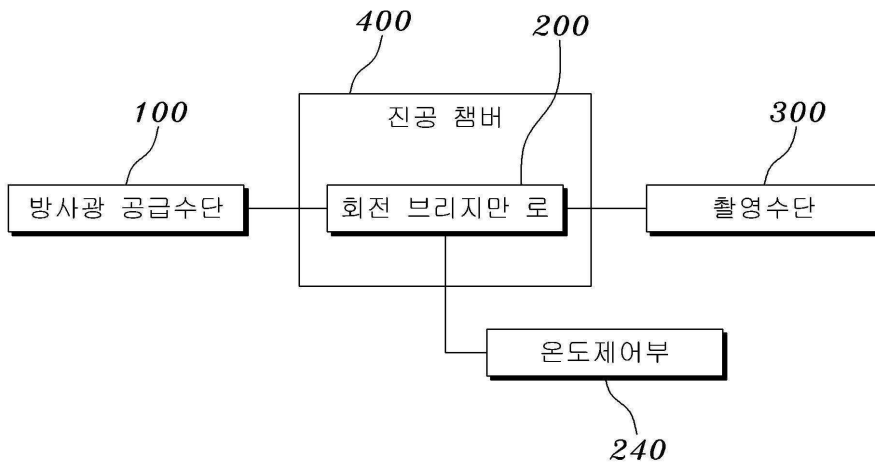
도면1



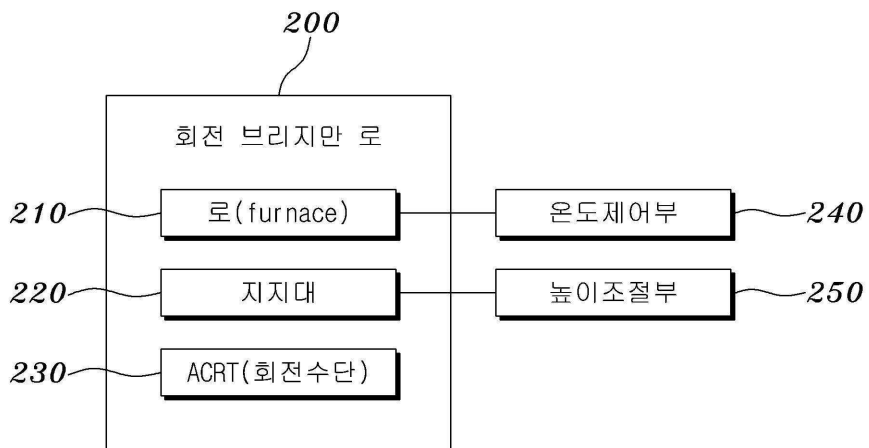
도면2



도면3

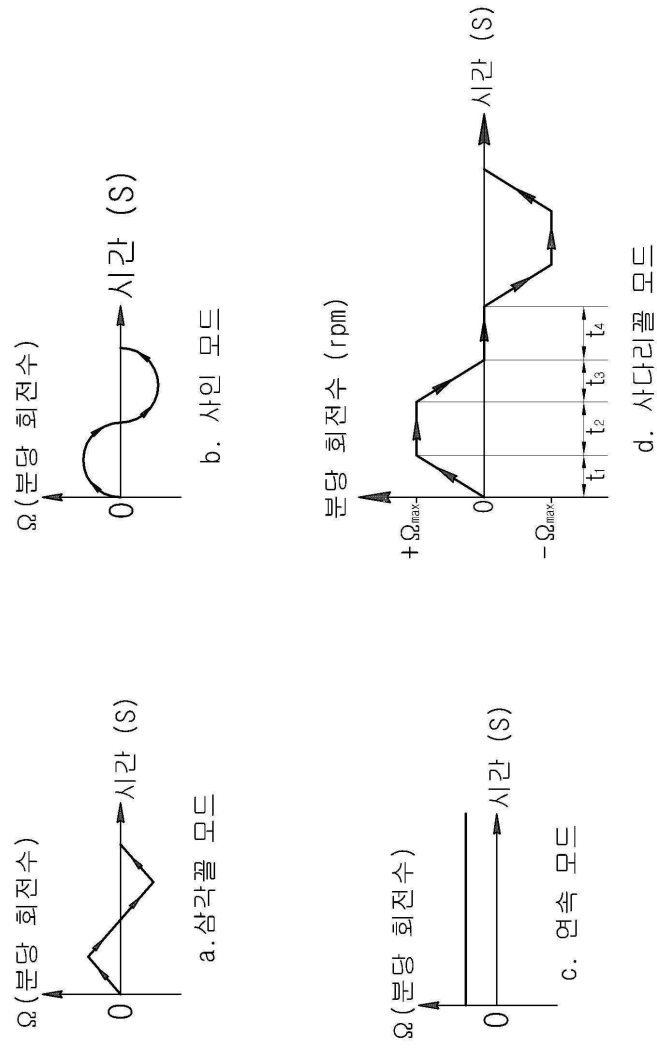


도면4





도면5



도면6

