



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0022804  
(43) 공개일자 2019년03월06일

- |   |   |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/> <i>C23C 4/18</i> (2006.01) <i>C23C 4/02</i> (2006.01)<br/> <i>C23C 4/073</i> (2016.01) <i>C23C 4/11</i> (2016.01)<br/> <i>F01D 25/00</i> (2006.01) <i>F01D 5/28</i> (2006.01)<br/> <i>F02C 7/00</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/> <i>C23C 4/18</i> (2013.01)<br/> <i>C23C 4/02</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2019-7002702<br/> (22) 출원일자(국제) 2017년09월25일<br/> 심사청구일자 2019년01월28일<br/> (85) 번역문제출일자 2019년01월28일<br/> (86) 국제출원번호 PCT/JP2017/034426<br/> (87) 국제공개번호 WO 2018/066392<br/> 국제공개일자 2018년04월12일<br/> (30) 우선권주장<br/> JP-P-2016-198778 2016년10월07일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인<br/> <b>미츠비시 히타치 파워 시스템즈 가부시키가이샤</b><br/> 일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이<br/> 3쵸메 3-1</p> <p>(72) 발명자<br/> <b>요시다 다이ске</b><br/> 일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이<br/> 3쵸메 3-1 미츠비시 히타치 파워 시스템즈 가부시<br/> 키가이샤 내</p> <p><b>도리고에 다이지</b><br/> 일본 도쿄도 미나토쿠 고난 2쵸메 16-5 미츠비시<br/> 쥬고교 가부시키가이샤 내<br/> (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/> <b>제일특허법인(유)</b></p> |
|---|---|

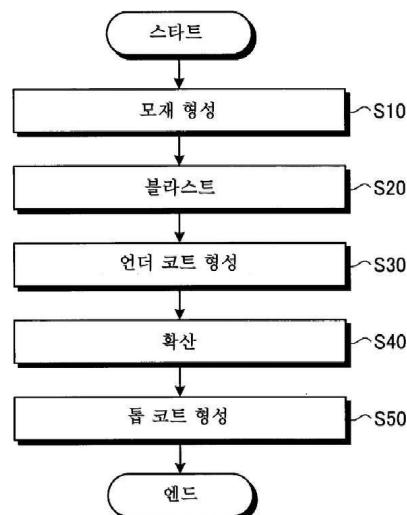
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 터빈 블레이드의 제조 방법

(57) 요약

Ni기 합금 재료를 이용하여 형성된 터빈 블레이드의 모재의 표면에 모재보다도 내산화성이 높은 금속 재료를 이용하여 언더 코트를 형성하는 것과, 언더 코트가 형성된 모재를 가열하여 언더 코트의 일부를 모재 측에 확산시키는 확산 처리를 행하는 것과, 확산 처리가 행해진 후, 언더 코트의 표면에 모재 및 언더 코트보다도 열전도율이 낮은 재료를 이용하여 톱 코트를 형성하는 것을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**C23C 4/073** (2016.01)

**C23C 4/11** (2016.01)

**F01D 25/00** (2013.01)

**F01D 5/28** (2013.01)

**F02C 7/00** (2013.01)

(72) 발명자

**다네이케 마사키**

일본 도쿄도 미나토쿠 고난 2쵸메 16-5 미즈비시  
쥬고교 가부시키키가이샤 내

**오카야 나오토시**

일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3쵸메 3-1 미즈비시 히타치 파워 시스템즈 가부시  
키키가이샤 내

**이노우에 요시유키**

일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3쵸메 3-1 미즈비시 히타치 파워 시스템즈 가부시  
키키가이샤 내

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

Ni기 합금 재료를 이용하여 형성된 터빈 블레이드의 모재의 표면에 상기 모재보다도 내산화성이 높은 금속 재료를 이용하여 언더 코트를 형성하는 것과,

상기 언더 코트가 형성된 상기 모재를 가열하여 상기 언더 코트의 일부를 상기 모재 측에 확산시키는 확산 처리를 행하는 것과,

상기 확산 처리가 행해진 후, 상기 언더 코트의 표면에 톱 코트를 형성하는 것을 포함하며,

상기 확산 처리는, 상기 모재를 가열하는 안정화 처리와, 상기 안정화 처리의 후에 냉각 기체를 공급함으로써 상기 모재의 온도를 소정의 온도 이하 속도로 급격히 냉각시키는 급냉 처리를 행하는 것을 포함하는

터빈 블레이드의 제조 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 확산 처리는, 가열에 의한 상기 톱 코트의 품질 저하를 방지하기 위해 설정되는 설정 온도보다도 높은 가열 온도에서 상기 모재를 가열하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 안정화 처리가 행해진 상기 모재를 가열하여 시효 처리를 행하는 것을 추가로 포함하며,

상기 확산 처리는, 상기 언더 코트가 형성된 상기 모재에 대하여 상기 안정화 처리 및 상기 시효 처리를 하나의 가열 처리로서 행하고, 당해 하나의 가열 처리 후에 상기 급냉 처리를 행하는 것을 포함하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

땀납재가 배치된 상기 모재를 가열하여 납땀 처리를 행하는 것을 추가로 포함하며,

상기 확산 처리는, 상기 납땀 처리 및 상기 안정화 처리를, 상기 언더 코트가 형성된 상기 모재에 대하여 하나의 가열 처리로서 행하고, 당해 하나의 가열 처리 후에 상기 급냉 처리를 행하는 것을 포함하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 확산 처리는, 상기 납땀 처리 및 상기 안정화 처리와 상기 시효 처리를, 상기 언더 코트가 형성된 상기 모재에 대하여 하나의 가열 처리로서 연속하여 행하고, 당해 하나의 가열 처리 후에 상기 급냉 처리를 행하는 것을 포함하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 터빈 블레이드의 제조 방법에 관한 것이다.

[0001]

## 배경 기술

- [0002] 가스 터빈은 압축기와 연소기와 터빈을 갖고 있다. 압축기는 공기를 취입하여 압축하고, 고온 고압의 압축 공기로 한다. 연소기는 이 압축 공기에 대하여 연료를 공급하여 연소시킨다. 터빈은 차실 안에 복수의 정익(靜翼) 및 동익(動翼)이 교대로 배치되어 있다. 터빈은, 압축 공기의 연소에 의해 발생한 고온 고압의 연소 가스에 의해 동익이 회전한다. 이 회전에 의해, 열에너지가 회전 에너지로 변환된다.
- [0003] 정익이나 동익과 같은 터빈 블레이드는 고온하에 노출되기 때문에, 내열성이 높은 금속 재료를 이용하여 형성된다. 또한, 터빈 블레이드에는, 고온으로부터 보호하기 위한 차열 코팅(Thermal Barrier Coating: TBC)이 형성된다. 차열 코팅으로서, 예를 들어 터빈 블레이드의 모재(母材)의 표면에 언더 코트(under coat)가 형성되고, 언더 코트의 표면에 톱 코트(top coat)가 형성된다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 제2003-343205호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0005] 언더 코트는 모재의 산화를 방지하는 동시에 톱 코트의 밀착성을 향상시키는 것이며, 예를 들어 합금 재료 등을 이용하여 형성된다. 톱 코트는 모재의 단열성을 높이는 것이며, 예를 들어 세라믹 재료 등을 이용하여 형성된다. 종래, 언더 코트와 모재 사이의 밀착성을 확보하기 위해서, 언더 코트 및 톱 코트를 형성한 후, 언더 코트를 모재의 표면에 확산시키기 위한 가열 처리를 행하고 있다. 그러나 이 가열 처리에 의해 차열 코팅의 일부, 예를 들어 톱 코트에 반점(斑點)이나 크랙 등이 생기는 경우가 있었다.
- [0006] 본 발명은 상기를 감안하여 이루어진 것이며, 차열 코팅과 모재와의 밀착성을 확보하면서 차열 코팅에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 억제할 수 있는 터빈 블레이드의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, Ni기 합금 재료를 이용하여 형성된 터빈 블레이드의 모재의 표면에 상기 모재보다도 내산화성이 높은 금속 재료를 이용하여 언더 코트를 형성하는 것과, 상기 언더 코트가 형성된 상기 모재를 가열하여 상기 언더 코트의 일부를 상기 모재 측에 확산시키는 확산 처리를 행하는 것과, 상기 확산 처리가 행해진 후, 상기 언더 코트의 표면에 상기 모재 및 상기 언더 코트보다도 열전도율이 낮은 재료를 이용하여 톱 코트를 형성하는 것을 포함한다.
- [0008] 본 발명에 의하면, 톱 코트를 형성하기 전에 확산 처리가 행해지기 때문에, 톱 코트에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 억제할 수 있다. 이에 의해 차열 코팅과 모재와의 밀착성을 확보하면서 차열 코팅에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 억제할 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 확산 처리는 가열에 의한 상기 톱 코트의 품질 저하를 방지하기 위해 설정되는 설정 온도보다도 높은 가열 온도에서 상기 모재를 가열해도 좋다.
- [0010] 본 발명에 의하면, 톱 코트를 형성하기 전에 확산 처리가 행해지기 때문에, 설정 온도보다도 높은 가열 온도에서 모재를 가열해도 톱 코트에 반점이나 크랙 등이 생기지 않아도 끝난다. 이에 의해 확산 처리를 확실하게 행할 수 있다. 또한, 가열에 의한 톱 코트의 품질 저하로서는, 예를 들어 톱 코트에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 들 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 모재를 가열하여 안정화 처리를 행하는 것과, 상기 안정화 처리가 행해진 상기 모재를 가열하여 시효 처리를 행하는 것을 추가로 포함하며, 상기 확산 처리는, 상기 언더 코트가 형성된 상기 모재에 대하여 상기 안정화 처리 및 상기 시효 처리 중 적어도 한쪽을 행하는 것을 포함해도 좋다.
- [0012] 본 발명에 의하면, 언더 코트가 형성된 모재에 대하여 안정화 처리 및 시효 처리 중 적어도 한쪽의 가열

처리를, 언더 코트의 확산 처리를 겸하여 행할 수 있다. 이에 의해 제조 공정의 단축화를 도모할 수 있다.

[0013] 또한, 납땜재가 배치된 상기 모재를 가열하여 납땜 처리를 행하는 것을 추가로 포함하며, 상기 확산 처리는 상기 납땜 처리 및 상기 안정화 처리를, 상기 언더 코트가 형성된 상기 모재에 대하여 하나의 가열 처리로서 행하는 것을 포함해도 좋다.

[0014] 본 발명에 의하면, 모재에 대한 가열 처리로서, 납땜 처리 및 안정화 처리를 하나의 가열 처리로서 행함으로써, 가열 처리를 보다 단시간에 행할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 확산 처리는, 상기 납땜 처리 및 상기 안정화 처리와 상기 시효 처리를, 상기 언더 코트가 형성된 상기 모재에 대하여 하나의 가열 처리로서 연속하여 행하는 것을 포함해도 좋다.

[0016] 본 발명에 의하면, 모재에 대한 가열 처리로서, 납땜 처리 및 안정화 처리와 시효 처리를 하나의 가열 처리로서 연속하여 행함으로써, 가열 처리를 보다 단시간에 행할 수 있다.

### 발명의 효과

[0017] 본 발명에 의하면, 차열 코팅과 모재와의 밀착성을 확보하면서 차열 코팅에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 억제할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 제1 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 일례를 나타내는 플로 차트이다.

도 2는 단계(S40)에 있어서의 가열 처리의 순서의 일례를 나타내는 플로 차트이다.

도 3은 제2 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 단계(S40)에 있어서의 확산 처리의 일례를 나타내는 플로 차트이다.

도 4는 납땜 처리 및 안정화 처리를 하나의 가열 처리로서 행하는 경우의 가열 온도의 시간 변화의 일례를 나타내는 그래프이다.

도 5는 제3 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 단계(S40)에 있어서의 확산 처리의 일례를 나타내는 플로 차트이다.

도 6은 납땜 처리 및 안정화 처리와 시효 처리를 하나의 가열 처리로서 연속하여 행하는 경우의 가열 온도의 시간 변화의 일례를 나타내는 그래프이다.

도 7은 납땜 처리 및 안정화 처리와 시효 처리를 하나의 가열 처리로서 연속하여 행하는 경우의 가열 온도의 시간 변화의 다른 예를 나타내는 그래프이다.

도 8은 변형예에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 일례를 나타내는 플로 차트이다.

도 9는 단계(S350)의 가열 처리에 있어서의 가열 온도의 시간 변화의 일례를 나타내는 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 본 발명에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 실시형태를 도면에 기초하여 설명한다. 또한, 이 실시형태에 의해 이 발명이 한정되는 것은 아니다. 또한, 하기 실시형태에 있어서의 구성 요소에는, 당업자가 치환 가능하고 또한 용이한 것, 또는 실질적으로 동일한 것이 포함된다.

[0020] <제1 실시형태>

[0021] 도 1은 제1 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 일례를 나타내는 플로 차트이다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 제1 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 예를 들어 가스 터빈의 정익이나 동익과 같은 터빈 블레이드의 모재를 형성하는 공정(단계 S10)과, 모재에 대하여 블라스트 처리(blast process)를 행하는 공정(단계 S20)과, 모재의 표면에 언더 코트를 형성하는 공정(단계 S30)과, 언더 코트에 확산 처리를 행하는 공정(단계 S40)과, 언더 코트의 표면에 톱 코트를 형성하는 공정(단계 S50)을 포함한다.

[0022] 단계(S10)에서는, 정익이나 동익 등의 터빈 블레이드를 구성하는 모재가 형성된다. 터빈 블레이드는 가스 터빈에 있어서 고온하에 노출된다. 이 때문에, 터빈 블레이드를 구성하는 모재는, 내열성이 우수한 합금, 예를 들어 Ni기 합금 등의 재료를 이용하여 형성된다. Ni기 합금으로서는, 예를 들어 Cr: 12.0% 이상 14.3% 이하, Co:

8.5% 이상 11.0% 이하, Mo: 1.0% 이상 3.5% 이하, W: 3.5% 이상 6.2% 이하, Ta: 3.0% 이상 5.5% 이하, Al: 3.5% 이상 4.5% 이하, Ti: 2.0% 이상 3.2% 이하, C: 0.04% 이상 0.12% 이하, B: 0.005% 이상 0.05% 이하를 함유하고, 잔부가 Ni 및 불가피 불순물로 이루어지는 조성의 Ni기 합금 등을 들 수 있다. 또한, 상기 조성의 Ni기 합금에 Zr: 0.001 ppm 이상 5 ppm 이하를 함유해도 좋다. 또한, 상기 조성의 Ni기 합금에 Mg 및/또는 Ca: 1 ppm 이상 100 ppm 이하를 함유해도 좋고, 추가로 Pt: 0.02% 이상 0.5% 이하, Rh: 0.02% 이상 0.5% 이하, Re: 0.02% 이상 0.5% 이하 중 1종 또는 2종 이상을 함유해도 좋고, 이들 쌍방을 함유해도 좋다.

[0023] 모재는 상기 재료를 이용하여 주조나 단조 등에 의해 형성된다. 주조에 의해 모재를 형성하는 경우, 예를 들어 보통 주조재(Conventional Casting: CC), 일 방향 응고재(Directional Solidification: DS), 단결정재(Single Crystal: SC) 등의 모재를 형성할 수 있다. 이하, 모재로서 일 방향 응고재가 이용되는 경우를 예로 들어 설명하지만, 이에 한정되는 것은 아니며, 모재가 보통 주조재 또는 단결정재라도 동일한 설명이 가능하다.

[0024] 또한, 모재를 형성한 후, 전 공정에서 생성된 석출물을 가열에 의해 고용시켜, 성분 편석(性分偏析)을 경감시키는 용체화 처리(溶體化處理)를 행해도 좋다. 용체화 처리를 행하는 경우, 예를 들어 1200℃ 정도의 온도에서 모재를 가열한다.

[0025] 단계(S20)에서는, 모재의 표면에 언더 코트를 형성하기 전에, 예를 들어 모재의 표면에 알루미나( $Al_2O_3$ )를 분사함으로써 모재 표면을 조면화한다. 모재를 조면화함으로써 앵커 효과에 의해 모재와 언더 코트의 밀착성이 향상된다. 또한, 블라스트 처리 후, 모재의 표면을 세정하는 클리닝 처리를 행해도 좋다.

[0026] 단계(S30)에서는 모재의 표면에 언더 코트를 형성한다. 언더 코트는 터빈 블레이드를 고온으로부터 보호하기 위한 차열 코팅(Thermal Barrier Coating: TBC)의 일부이다. 언더 코트는 모재의 산화를 방지하는 동시에 틈 코트의 밀착성을 향상시킨다. 언더 코트의 재료로서는, 예를 들어 모재보다도 내산화성이 높은 MCrAlY 등의 합금 재료를 이용할 수 있다. 단계(S30)에서는, 예를 들어 모재의 표면을 가열한 후, 상기 합금 재료 등을 모재의 표면에 용사(溶射)함으로써 언더 코트를 형성한다.

[0027] 단계(S40)에서는 언더 코트에 확산 처리를 행한다. 확산 처리는 언더 코트를 가열함으로써, 언더 코트를 구성하는 원자를 모재 측에 확산시켜 언더 코트와 모재 사이의 밀착성을 향상시키는 처리이다. 확산 처리는 모재에 언더 코트를 형성한 후, 틈 코트가 형성되어 있지 않은 상태에서 행한다.

[0028] 단계(S40)에서는 확산 처리로서 모재에 대한 가열 처리를 행할 수 있다. 이러한 가열 처리로서는, 예를 들어 납땜 처리, 안정화 처리, 시효 처리 등의 가열 처리를 들 수 있다. 도 2는 단계(S40)에 있어서의 가열 처리의 순서의 일례를 나타내는 플로 차트이다. 도 2에 나타내는 바와 같이, 단계(S40)에 있어서, 납땜 처리(S41), 안정화 처리(S43) 및 시효 처리(S45)를 이 순서대로 행할 수 있다.

[0029] 단계(S41)에 있어서의 납땜 처리는 모재에 땜납재를 배치한 상태에서 가열함으로써, 땜납재를 모재에 용융시켜 접합하는 처리이다. 땜납재로서는, 예를 들어 BNi-2상당재(相黨材) 등을 이용할 수 있다. 이 경우, 땜납재의 고상선 온도(固相線溫度)는, 예를 들어 970℃ 정도이다. 납땜 처리에 이용되는 땜납재의 양에 대해서는 실험 등을 행함으로써 미리 조정해 둔다. 납땜 처리에서는, 땜납재를 용융시키는 것이 가능한 온도, 예를 들어 1060℃ 이상 1100℃ 이하의 온도에서 가열 처리를 행할 수 있다.

[0030] 납땜 처리를 행하는 경우, 모재에 땜납재를 배치한 상태에서 소정의 가열로에 투입하고, 가열로의 히터를 작동시켜 가열을 시작한다. 가열 개시 후, 먼저 가열로의 로 속의 온도(가열 온도)를 소정의 예열 온도까지 상승시킨다. 이 예열 온도는 땜납재의 고상선 온도보다도 낮은 온도로 설정되어, 예를 들어 930℃ 이상 970℃ 이하의 온도로 할 수 있다. 로 속의 온도가 예열 온도에 도달한 경우, 로 속의 온도의 상승을 정지하고, 소정 시간 당해 예열 온도에서의 가열 처리(예열 처리)를 행한다. 예열 처리를 행함으로써, 모재 및 땜납재의 온도가 전체적으로 균일하게 상승하고, 각 부위에 있어서의 온도차가 저감한다. 예열 처리를 소정 시간 행한 후, 다시 로 속의 온도를 상승시킨다. 로 속의 온도가 상기의 납땜 온도에 도달한 경우, 로 속의 온도의 상승을 정지하고, 당해 납땜 온도에서 소정 시간 가열 처리를 행한다. 이에 의해, 땜납재가 용융하여 모재에 접합된다. 소정 시간 행해진 후, 예를 들어 히터를 정지시키고, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 모재의 온도를, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 소정의 냉각 온도까지 급격히 저하시킨다(급냉).

[0031] 단계(S43)에 있어서의 안정화 처리는 모재를 가열함으로써, 모재에 있어서 금속 간 화합물인  $\gamma'$  상을 성장시켜  $\gamma'$  상의 크기, 형태 등을 구비하는 처리이다. 안정화 처리에서는, 예를 들어 납땜 처리에 있어서의 가열 온도와 동등한 온도, 예를 들어 1060℃ 이상 1100℃ 이하의 온도에서 가열 처리를 행할 수 있다.



- [0032] 안정화 처리에서는, 모재에 있어서  $\gamma'$  상이 성장하여 당해  $\gamma'$  상의 크기, 형태 등이 구비될 수 있다. 안정화 처리를 행하는 경우에는, 납땜 처리와 동일하게 예열 처리를 행해도 좋다. 이 경우, 예열 처리를 행한 상태에서 안정화 처리의 가열 온도에서 가열하기 때문에, 모재의 각부가 얼룩 없이 가열되게 된다. 이 때문에, 모재의 각부에 있어서  $\gamma'$  상이 균일하게 성장한다. 안정화 처리가 소정 시간 행해진 후, 예를 들어 히터를 정지시키고, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 모재의 온도를, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 소정의 냉각 온도까지 급격히 저하시킨다(급냉). 이 급냉 처리에 의해,  $\gamma'$  상의 상태(입경(粒徑) 등)가 유지된다.
- [0033] 시효 처리는, 안정화 처리를 행한 모재를 가열함으로써, 모재에 있어서, 안정화 처리에서 성장한  $\gamma'$  상을 더욱더 성장시키는 동시에 당해 안정화 처리에서 생긴  $\gamma'$  상보다도 소직경의  $\gamma'$  상을 석출시킨다. 이 소직경의  $\gamma'$  상은 모재의 강도를 증가시킨다. 따라서 시효 처리는 소직경의  $\gamma'$  상을 석출시켜 모재의 강도를 높임으로써, 최종적으로 모재의 강도 및 연성을 조정한다. 시효 처리에서는, 예를 들어 830℃ 이상 870℃ 이하의 온도로 할 수 있다. 시효 처리를 소정 시간 행한 후, 가열로의 히터를 정지시키고, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 모재의 온도를, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 급격히 저하시킨다(급냉).
- [0034] 이러한 가열 처리를 행함으로써, 언더 코트가 조면화된 모재의 표면에 확산되어, 모재의 표면과 언더 코트 사이의 밀착성이 향상된다. 또한, 단계(S40)의 확산 처리에서는, 상기 납땜 처리, 안정화 처리 및 시효 처리의 3개의 가열 처리의 모두를 행하는 경우에 한정되는 것은 아니고, 적어도 하나만을 행해도 좋다.
- [0035] 단계(S50)에서는 언더 코트의 표면에 톱 코트를 형성한다. 톱 코트는 상기 차열 코팅의 일부이며, 모재의 표면을 고온으로부터 보호한다. 톱 코트의 재료로서는, 세라믹 등의 열전도율이 작은 재료를 이용할 수 있다. 세라믹으로서, 예를 들어 지르코니아를 주성분으로 하는 재료 등이 이용된다. 단계(S50)에서는, 예를 들어 상기 재료를 언더 코트의 표면에 대기 플라즈마 용사함으로써 형성된다.
- [0036] 이상과 같이, 본 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은 톱 코트를 형성하기 전에 확산 처리를 행하기 때문에, 톱 코트에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 억제할 수 있다. 이에 의해 차열 코팅과 모재와의 밀착성을 확보하면서 차열 코팅에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 억제할 수 있다.
- [0037] <제2 실시형태>
- [0038] 도 3은 제2 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법에 있어서의 확산 처리의 일례를 나타내는 플로 차트이다. 제2 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 제1 실시형태와 동일하게, 단계(S10)로부터 단계(S50)를 포함하는 것이며, 단계(S40)의 순서가 제1 실시형태와는 다르다. 이하, 단계(S40)를 중심으로 설명한다.
- [0039] 도 3에 나타내는 바와 같이, 단계(S40)에서는, 납땜 처리 및 안정화 처리를, 언더 코트가 형성된 모재에 대하여 하나의 가열 처리로서 행하는 공정(단계 S141)과, 시효 처리를 행하는 공정(단계 S142)을 포함하고 있다. 단계(S142)의 시효 처리에 대해서는 제1 실시형태와 동일하다. 여기에서는, 단계(S141)의 처리에 대하여 설명한다.
- [0040] 단계(S141)에서는, 납땜 처리와 안정화 처리를 하나의 가열 처리로서 연속하여 행한다. 도 4는 단계(S141)에 있어서의 가열 처리의 일례를 나타내는 그래프이다. 도 4의 횡축은 시간을 나타내고, 종축은 온도를 나타내고 있다.
- [0041] 도 4에 나타내는 바와 같이, 단계(S141)에서는, 모재에 땀납재를 배치한 상태에서 소정의 가열로에 투입하고, 가열로의 히터를 작동시켜 가열을 시작한다(시각 t1). 가열 개시 후, 먼저 가열로의 로 속의 온도(가열 온도)를 소정의 예열 온도(T0)까지 상승시킨다. 이 예열 온도(T0)는 땀납재의 고상선 온도보다도 낮은 온도로 설정되어, 예를 들어 930℃ 이상 970℃ 이하의 온도로 할 수 있다. 로 속의 온도가 예열 온도(T0)에 도달한 경우(시각 t2), 로 속의 온도의 상승을 정지하고, 소정 시간 당해 예열 온도(T0)에서의 가열 처리(예열 처리)를 행한다. 예열 처리를 행함으로써, 모재 및 땀납재의 온도가 전체적으로 균일하게 상승하고, 각 부위에 있어서의 온도차가 저감한다.
- [0042] 예열 처리를 소정 시간 행한 후(시각 t3), 다시 로 속의 온도를 상승시킨다. 로 속의 온도가 제1 온도(T1)에 도달한 경우(시각 t4), 로 속의 온도의 상승을 정지하고, 당해 제1 온도(T1)에서 소정 시간 가열 처리를 행한다. 이 제1 온도(T1)에서의 가열 처리에 의해, 땀납재가 용융되어 모재에 접합된다. 또한, 모재에 있어서  $\gamma'$  상이 성장하여, 당해  $\gamma'$  상의 크기, 형태 등이 구비될 수 있다. 예열 처리를 행한 상태에서 제1 온도(T1)에서 가열하기 때문에, 모재의 각부가 얼룩 없이 가열되게 된다. 이 때문에, 균일하게 납땜할 수 있는 동시에 모재의 각부에 있어서  $\gamma'$  상이 균일하게 성장한다. 제1 온도(T1)에서의 가열 처리가 소정 시간 행해진

후(시각 t5), 예를 들어 히터를 정지시키고, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 모재의 온도를, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 소정의 냉각 온도까지 급격히 저하시킨다(급냉). 이 급냉 처리에 의해,  $\gamma'$  상의 상태(입경 등)가 유지된다. 그 후, 로 속의 온도가 소정의 냉각 온도까지 저하된 경우(시각 t6), 단계(S30)의 처리가 완료된다. 이와 같이, 본 실시형태에서는 납땜 처리 및 안정화 처리를 하나의 가열 처리로서 행한다.

[0043] 이와 같이, 하나의 가열 처리에 의해 납땜 처리와 안정화 처리가 행해지기 때문에, 제조 공정에 있어서의 수고를 경감할 수 있다. 또한, 납땜 처리 및 안정화 처리의 2종류의 처리를 집중하여 행하기 때문에, 단시간에 효율적인 처리가 가능해진다.

[0044] <제3 실시형태>

[0045] 도 5는 제3 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법에 있어서의 확산 처리의 일례를 나타내는 플로 차트이다. 제3 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 제1 실시형태와 동일하게, 단계(S10)부터 단계(S50)를 포함하는 것이며, 단계(S40)의 순서가 제1 실시형태와는 다르다. 이하, 단계(S40)를 중심으로 설명한다.

[0046] 도 5에 나타내는 바와 같이, 단계(S40)에서는 납땜 처리 및 안정화 처리와 시효 처리를 행하는 공정(단계 S241)을 포함하고 있다. 단계(S241)에서는 납땜 처리 및 안정화 처리와 시효 처리를 하나의 가열 처리로서 연속하여 행한다. 도 6은 단계(S241)에 있어서의 가열 처리의 일례를 나타내는 그래프이다. 도 6의 횡축은 시간을 나타내고, 종축은 온도를 나타내고 있다.

[0047] 단계(S241)에서는, 제1 실시형태와 동일하게, 예열 온도(T0)에서 예열 처리(시각 t1부터 t4)를 행하고, 예열 처리 후, 납땜 처리 및 안정화 처리로서의 가열 처리를 제1 온도(T1)에서 행한다(시각 t4부터 t5).

[0048] 제1 온도(T1)에서의 가열 처리가 소정 시간 행해진 후(시각 t5), 예를 들어 히터의 동작을 정지하고, 로 속의 온도를 제2 온도(T2)까지 저하시키는 조정 처리를 행한다. 이 때, 예를 들어 3℃/min 이상 20℃/min 이하 정도의 온도 저하 속도로 모재 온도를 저하시킨다. 따라서 제1 실시형태와 비교하여, 안정화 처리 후(시각 t5이후)의 온도 저하가 완만하게 행해진다.

[0049] 로 속의 온도가 제2 온도(T2)에 도달한 경우(시각 t7), 히터를 작동시켜 로 속의 온도를 제2 온도(T2)로 한 상태에서 시효 처리로서의 가열 처리를 행한다. 따라서 안정화 처리 후에는, 가열로 속을 소정의 냉각 온도까지 냉각하지 않고, 시효 처리를 행하기 위한 제2 온도(T2)로 로 속의 온도를 시프트시켜서 연속하여 시효 처리를 행한다. 이와 같이, 본 실시형태에서는, 납땜 처리 및 안정화 처리와, 시효 처리를 하나의 가열 처리로서 연속하여 행한다.

[0050] 시효 처리에서는, 제1 실시형태와 동일하게, 예를 들어 제1 온도(T1)보다도 낮은 제2 온도(T2)에서 소정 시간 가열 처리를 행한다. 제2 온도(T2)로서는, 예를 들어 830℃ 이상 870℃ 이하의 온도로 할 수 있다. 본 실시형태에서는, 안정화 처리 후의 온도 저하를 완만하게 행한 경우라도, 제1 실시형태처럼 급냉한 경우와 동일하게, 시효 처리에 있어서  $\gamma'$  상의 성장 및 소직경의  $\gamma'$  상의 석출이 행해진다. 이 때문에, 강도 및 연성의 밸런스가 우수한 모재가 형성된다.

[0051] 시효 처리를 소정 시간 행한 후(시각 t8), 가열로의 히터를 정지시키고, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 모재 온도를, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 급격히 저하시킨다(급냉). 로 속의 온도가 소정의 온도로 된 후(시각 t9), 가열로 안에서 모재를 취출함으로써, 가열 처리가 종료된다.

[0052] 본 실시형태에서는, 납땜 처리 및 안정화 처리와 시효 처리를 하나의 가열 처리로서 연속하여 행하기 때문에, 가열 처리 시간의 가일층 단축화를 도모할 수 있다. 또한, 납땜 처리 및 안정화 처리를 제1 온도(T1)에서 행한 후, 시효 처리의 가열 온도인 제2 온도로 조정하는 조정 처리를 행함으로써, 가열로 속의 열을 유용하게 이용할 수 있다.

[0053] 본 발명의 기술 범위는 상기 실시형태에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 취지를 일탈하지 않는 범위에서 적당히 변경을 더할 수 있다. 상기 제3 실시형태에서는, 안정화 처리 후, 로 속의 온도를 제2 온도(T2)까지 저하시키는 조정 처리를 행할 때에, 모재를 3℃/min 이상 20℃/min 이하 정도의 온도 저하 속도로 냉각하는 경우를 예로 들어 설명했지만, 이것에 한정되는 것은 아니다.

[0054] 도 7은 납땜 처리 및 안정화 처리와 시효 처리를 하나의 가열 처리로서 연속하여 행하는 경우의 로 속의 온도의 시간 변화의 다른 예를 나타내는 그래프이다. 도 7에 나타내는 바와 같이, 안정화 처리 후, 가열로 속을, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 냉각하고, 로 속의 온도가 제2 온도(T2)보다도 낮은 제3 온도(T3)로 된



경우에(시각 t10), 히터를 작동시켜도 좋다. 제3 온도(T3)로서는, 예를 들어 530℃ 이상 570℃ 이하의 온도 정도로 설정할 수 있다.

[0055] 히터를 작동시킨 후, 로 속의 온도가 제2 온도(T2)까지 상승한 경우(시각 t11), 로 속의 온도의 상승을 정지시켜 가열로 속을 제2 온도(T2)로 한 상태에서 시효 처리를 행한다. 그 후는, 제2 실시형태와 동일하게, 시효 처리를 소정 시간 행한 후(시각 t12), 가열로의 히터를 정지시키고, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 모재 온도를 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 급격히 저하시킨다(급냉). 로 속의 온도가 소정의 온도로 된 후(시각 t13), 가열로 안으로부터 모재를 취출함으로써, 가열 처리가 종료된다. 이와 같이 온도 변화를 행하는 경우라도, 가열 처리 시간의 단축화를 도모할 수 있다. 또한, 납땜 처리 및 안정화 처리를 제1 온도(T1)에서 행한 후, 시효 처리의 가열 온도인 제2 온도(T2)로 조정하는 조정 처리를 행함으로써, 가열로 속의 열을 유용하게 이용할 수 있다. 또한, 안정화 처리 후, 모재를, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 냉각하고, 로 속의 온도가 제2 온도(T2)로 된 경우에 가열로 속을 제2 온도(T2)로 한 상태에서 시효 처리를 행해도 좋다.

[0056] 또한, 상기 각 실시형태에서는, 모재로서 일 방향 응고재가 이용되는 경우를 예로 들어 설명했지만, 이에 한정되는 것은 아니며, 모재로서, 예를 들어 보통 주조재가 이용되어도 좋다. 도 8은 변형예에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 일례를 나타내는 플로 차트이다. 도 8에 나타내는 바와 같이, 변형예에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 보통 주조재를 이용하여 모재를 형성하는 공정(단계 S310)과, 모재에 대하여 열간 정수압 처리를 행하는 공정(단계 S320)과, 모재의 표면에 내마모 코트를 형성하는 공정(단계 S330)과, 모재 및 내마모 코트의 표면에 언더 코트를 형성하는 공정(단계 S340)과, 모재에 납땜 처리 및 용체화 처리를 행하는 공정(단계 S350)과, 모재에 시효 처리를 행하는 공정(단계 S360)과, 모재에 톱 코트를 형성하는 공정(단계 S370)을 포함하고 있다. 본 변형예에서는 단계(S350) 및 단계(S360)를 확산 처리로서 행한다.

[0057] 단계(S320)에 있어서의 열간 정수압 처리(Hot Isostatic Pressing: HIP)는, 모재를 아르곤 가스의 분위기 속에 배치한 상태에서, 예를 들어 1180℃ 이상 1220℃ 이하의 온도에서 가열한다. 이에 의해, 모재의 전 표면에 대하여 동등하게 압력이 가해진 상태에서 가열된다. 열간 정수압 처리가 완료된 후, 가열을 정지(급냉)함으로써 모재의 온도를 저하시킨다. 또한, 단계(S320) 후에, 후술하는 용체화 처리와 동일한 처리를 행해도 좋다.

[0058] 단계(S330)에 있어서, 내마모 코트로서는, 예를 들어 트리바로이(Tribaloy)(등록 상표) 800 등의 코발트기 내마모 모재를 이용할 수 있다. 단계(S320)에서는, 예를 들어 대기압 플라즈마 용사, 고속 프레임 용사, 감압 플라즈마 용사, 분위기 플라즈마 용사 등의 수법에 의해 모재에 상기 재료의 층을 형성할 수 있다.

[0059] 단계(S340)에서는 상기 실시형태와 동일한 수법에 의해 모재에 언더 코트를 형성한다.

[0060] 단계(S350)에서는, 모재에 납땜 처리를 행하고, 로를 냉각한 후에 용체화 처리를 행한다. 납땜 처리는, 모재에 땀납재를 배치한 상태에서 가열함으로써, 땀납재를 모재에 용융시켜 접합하는 처리이다. 땀납재로서는, 예를 들어 암드라이(Amdry)(등록 상표) DF-6A 등의 재료가 이용된다. 이 경우, 땀납재의 고상선 온도는, 예를 들어 1050℃ 정도이다. 납땜 처리에 이용되는 땀납재의 양에 대해서는 실험 등을 행함으로써 미리 조정해 둔다. 납땜 처리에서는, 땀납재를 용융시키는 것이 가능한 온도(T21), 예를 들어 1175℃ 이상 1215℃ 이하의 온도에서 가열 처리를 행할 수 있다.

[0061] 용체화 처리는 모재를 가열함으로써 모재에 있어서 금속 간 화합물인  $\gamma'$  상을 고용 및 성장시키는 처리이다. 용체화 처리에서는, 예를 들어 납땜 처리에 있어서의 가열 온도보다도 낮은 온도(T22), 예를 들어 1100℃ 이상 1140℃ 이하의 온도에서 가열 처리를 행할 수 있다.

[0062] 도 9는 단계(S350)의 가열 처리에 있어서의 가열 온도의 시간 변화의 일례를 나타내는 그래프이다. 도 9의 횡축은 시간을 나타내고, 종축은 온도를 나타내고 있다. 단계(S350)에서는 먼저 납땜 처리를 행한다. 납땜 처리는, 모재에 땀납재를 배치한 상태에서 소정의 가열로에 투입하고, 가열로의 히터를 작동시켜 가열을 개시한다(시각 t21). 가열로의 로 속의 온도(가열 온도)가 상기 온도(T21)에 도달한 경우(시각 t22), 로 속의 온도의 상승을 정지하고, 당해 온도(T21)에서 소정 시간 가열 처리를 행한다. 이에 의해, 땀납재가 용융하여 모재에 접합된다.

[0063] 또한, 모재를 가열로에 투입한 후, 로 속의 온도를 소정의 예열 온도까지 상승시키고, 소정 시간 당해 예열 온도에서의 가열 처리(예열 처리)를 행해도 좋다. 이 경우의 예열 온도는 땀납재의 고상선 온도보다도 낮은 온도로 설정되며, 예를 들어 1030℃로 할 수 있다. 또한, 예열 온도는 땀납재의 고상선 온도에 따라 적당히 변경할 수 있다. 예열 처리를 행함으로써, 모재 및 땀납재의 온도가 전체적으로 균일하게 상승하고, 각 부위에 있어서의 온도차가 저감한다. 예열 처리를 소정 시간 행한 경우, 예열 처리 후에 로 속의 온도를 온도(T21)까지 상승

시켜 납땜 처리를 행한다.

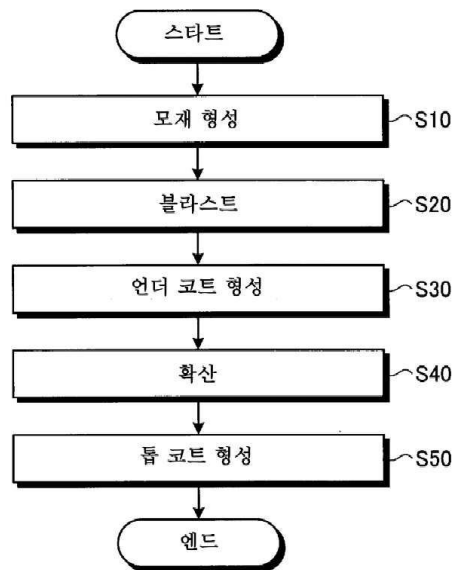
- [0064] 납땜 처리가 소정 시간 행해진 후(시각 t23), 예를 들어 히터를 정지시킴으로써 모재의 온도를 3℃/min 이상 20℃/min 이하 정도의 온도 저하 속도로 용체화 처리에 있어서의 온도(T22)보다도 낮은 온도(T23)까지 저하시킨다(서냉). 온도(T23)로서는, 예를 들어 980℃ 이상 1020℃ 이하의 온도로 할 수 있다. 서냉으로 냉각함으로써, 납땜 부분에 보이드(void) 등이 생기는 것이 억제된다.
- [0065] 서냉에 의해 로 속의 온도가 온도(T23)에 도달한 후, 로 속의 온도를 상승시키는 조정 처리를 행한다(시각 t24). 조정 처리는 히터를 작동시킴으로써 로 속의 온도를 온도(T22)까지 상승시킨다. 로 속의 온도가 온도(T22)까지 상승한 경우(시각 t25), 로 속의 온도의 상승을 정지시켜 가열로 속을 온도(T22)로 한 상태에서 용체화 처리를 행한다. 용체화 처리가 소정 시간 행해진 후, 예를 들어 히터를 정지시키고, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급한다(시각 t26). 냉각용 기체를 공급함으로써, 모재의 온도를, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 소정의 냉각 온도까지 급격히 저하시킨다(급냉). 이 급냉 처리에 의해, γ' 상의 상태(입경 등)가 유지된다. 로 속의 온도가 소정의 온도로 된 후(시각 t27), 가열로 안으로부터 모재를 취출함으로써, 단계(S340)가 종료된다. 또한, 단계(S340)에서는 납땜 처리와 용체화 처리를 나누어 행해도 좋다.
- [0066] 또한, 단계(S350)의 가열 처리에 의해, 내마모 코트 및 내산화 코트가 모재의 표면에 확산되어, 모재의 표면과 각 코트 사이의 밀착성이 향상된다.
- [0067] 단계(S360)에 있어서의 시효 처리는, 상기 각 실시형태와 동일하게, 예를 들어 830℃ 이상 870℃ 이하의 온도로 할 수 있다. 시효 처리를 소정 시간 행한 후, 가열로의 히터를 정지시키고, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 모재의 온도를, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 급격히 저하시킨다(급냉).
- [0068] 이러한 가열 처리를 행함으로써, 언더 코트가 조면화된 모재의 표면에 확산되어, 모재의 표면과 언더 코트 사이의 밀착성이 향상된다.
- [0069] 단계(S370)에서는 상기 각 실시형태와 동일한 수법에 의해 언더 코트의 표면에 톱 코트를 형성한다.
- [0070] 상기 터빈 블레이드의 제조 방법은, 톱 코트를 형성하기 전에 확산 처리를 행하기 때문에, 톱 코트에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 억제할 수 있다. 이에 의해 차열 코팅과 모재와의 밀착성을 확보하면서 차열 코팅에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 억제할 수 있다.

## 부호의 설명

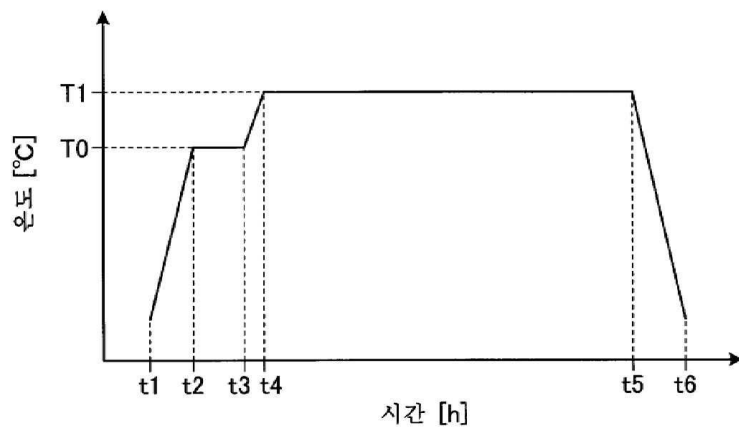
- [0071] T0: 예열 온도  
T1: 제1 온도  
T2: 제2 온도

도면

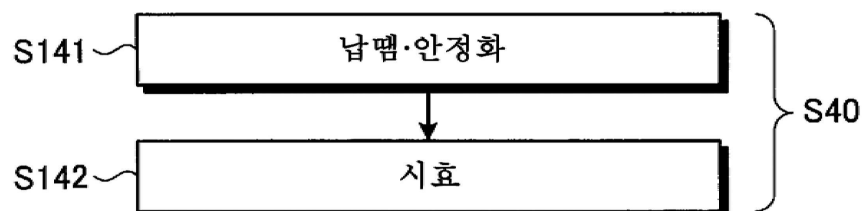
도면1



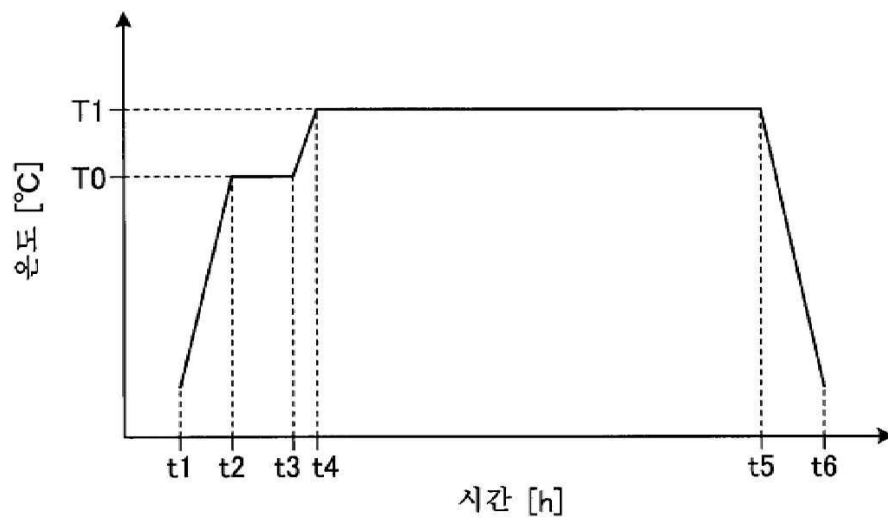
도면2



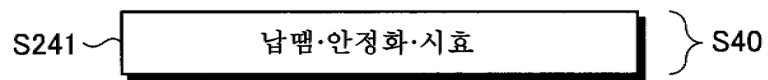
도면3



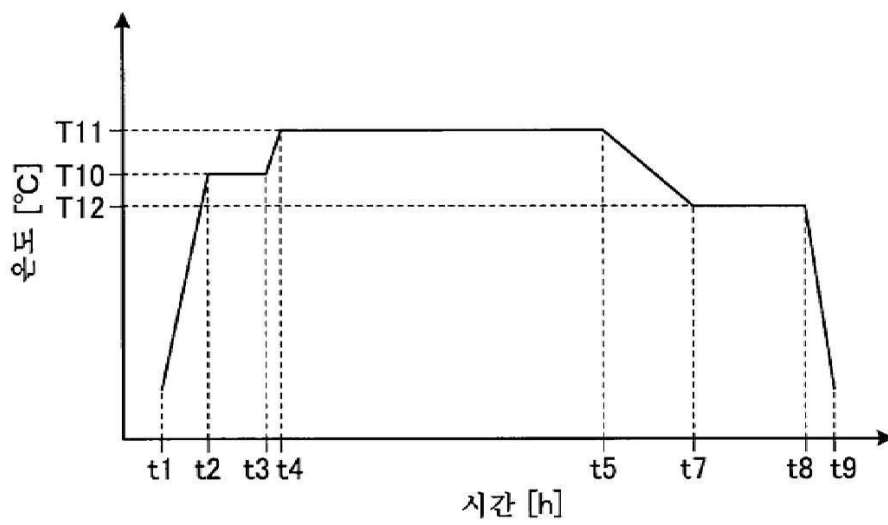
도면4



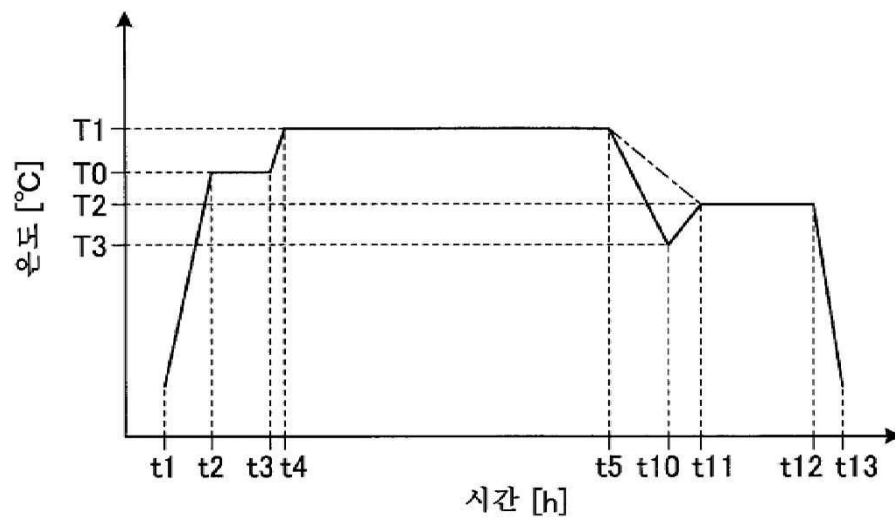
도면5



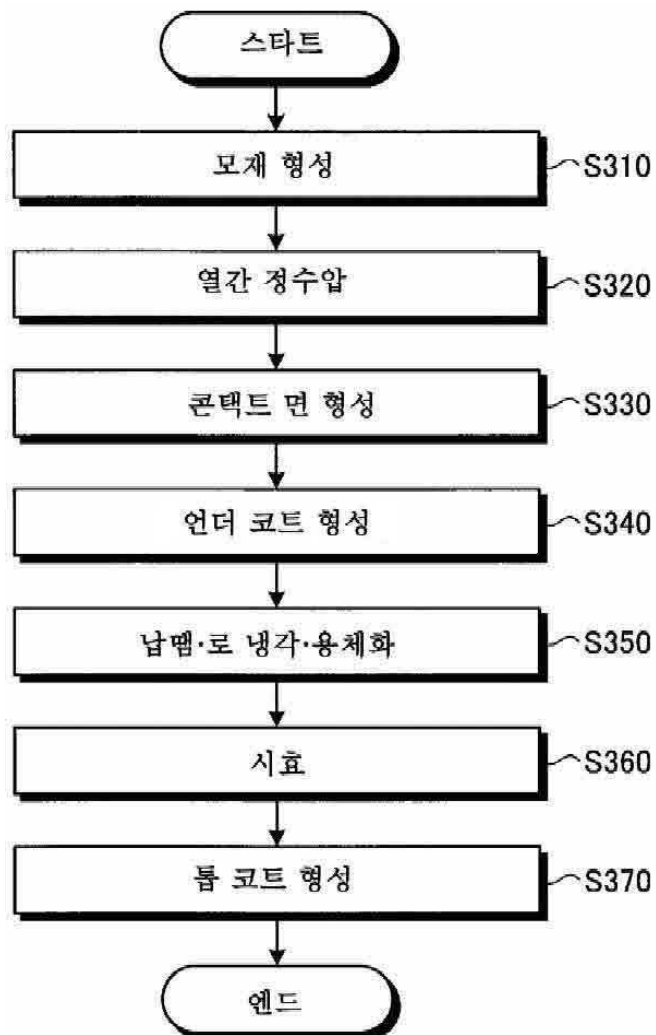
도면6



도면7



도면8



도면9

