



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월08일
(11) 등록번호 10-2152601
(24) 등록일자 2020년09월01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 28/00 (2006.01) C21D 9/50 (2006.01)
C22C 19/05 (2006.01) C22F 1/10 (2006.01)
C23C 4/06 (2016.01) C23C 4/073 (2016.01)
C23C 4/08 (2016.01) F01D 25/00 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01) F01D 9/02 (2006.01)
F02C 7/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B23K 28/003 (2013.01)
C21D 9/50 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7002969
- (22) 출원일자(국제) 2017년10월05일
심사청구일자 2019년01월29일
- (85) 번역문제출일자 2019년01월29일
- (65) 공개번호 10-2019-0027371
- (43) 공개일자 2019년03월14일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2017/036267
- (87) 국제공개번호 WO 2018/066644
국제공개일자 2018년04월12일
- (30) 우선권주장
JP-P-2016-198776 2016년10월07일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2013068085 A
JP2010126812 A
JP2013194694 A
JP2011214541 A

- (73) 특허권자
미즈비시 히타치 파워 시스템즈 가부시키키가이샤
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이 3초메 3-1
- (72) 발명자
요시다 다이스케
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이 3초메 3-1 미즈비시 히타치 파워 시스템즈 가부시키키가이샤 내
니시자와 가즈토
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이 3초메 3-1 미즈비시 히타치 파워 시스템즈 가부시키키가이샤 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 원유철

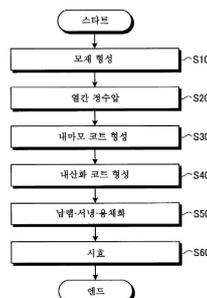
(54) 발명의 명칭 터빈 블레이드의 제조 방법

(57) 요약

히터를 갖는 소정의 가열로 안에 뿔납재가 배치된 터빈 블레이드의 모재를 배치한 상태에서 히터를 작동시켜 제1 온도에서 가열하고, 뿔납재를 용융시켜 모재에 접합하는 납땜 처리를 행하는 것과, 납땜 처리 후, 히터를 정지시킴으로써 로 속의 온도를 저하시켜 모재를 냉각하는 서냉을 행하는 것과, 서냉 후, 모재를 제1 온도보다도 낮은

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



제2 온도로 가열하여 모재의 연성을 높이는 용체화 처리를 행하는 것을 포함한다.

(52) CPC특허분류

- C22C 19/05 (2013.01)
- C22F 1/10 (2013.01)
- C23C 4/06 (2013.01)
- C23C 4/073 (2016.01)
- C23C 4/08 (2013.01)
- F01D 25/00 (2013.01)
- F01D 5/28 (2013.01)
- F01D 9/02 (2013.01)
- F02C 7/00 (2013.01)

(72) 발명자

다네이케 마사키

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

나가노 이치로

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

오카야 나오토시

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

이노우에 요시유키

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

가와이 히사타카

일본 오사카후 오사카시 히가시요도가와쿠 주이코
우 4-4-28 오사카 야킨 고교 가부시키키가이샤 내

기타가키 히사시

일본 오사카후 오사카시 히가시요도가와쿠 주이코
우 4-4-28 오사카 야킨 고교 가부시키키가이샤 내

명세서

청구범위

청구항 1

히터를 갖는 소정의 가열로 안에 뿔납재가 배치된 터빈 블레이드의 모재를 배치한 상태에서 상기 히터를 작동시켜 제1 온도에서 가열하고, 상기 뿔납재를 용융시켜 상기 모재에 접합하는 납땜 처리를 행하는 것과,

상기 납땜 처리 후, 상기 히터를 정지시킴으로써 로 속의 온도를 저하시켜 상기 모재를 냉각하는 서냉을 행하는 것과,

상기 서냉 후, 상기 모재를 상기 제1 온도보다도 낮은 제2 온도에서 가열하여 상기 모재의 용체화 처리를 행하는 것

을 포함하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 모재 중 상기 터빈 블레이드의 콘택트 면에 상당하는 부분에 상기 모재보다도 내마모성이 높은 금속 재료를 이용하여 제1 코트를 형성하는 것과,

상기 모재보다도 내산화성이 높은 금속 재료를 이용하여 상기 모재의 표면에 제2 코트를 형성하는 것을 추가로 포함하며,

상기 납땜 처리는 상기 제1 코트 또는 상기 제2 코트를 형성한 후에 행하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 서냉에 의해 상기 로 속의 온도가 소정 온도에 도달한 후, 상기 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 상기 모재를 냉각하는 급냉을 행하는 것을 추가로 포함하며,

상기 용체화 처리는 상기 급냉 후에 행하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 모재 중 상기 터빈 블레이드의 콘택트 면에 상당하는 부분에 상기 모재보다도 내마모성이 높은 금속 재료를 이용하여 제1 코트를 형성하는 것과,

상기 모재보다도 내산화성이 높은 금속 재료를 이용하여 상기 모재의 표면에 제2 코트를 형성하는 것과,

상기 서냉에 의해 상기 로 속의 온도가 소정 온도에 도달한 후, 상기 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 상기 모재를 냉각하는 급냉을 행하는 것을 추가로 포함하며,

상기 제1 코트 및 상기 제2 코트의 형성은, 상기 납땜 처리와, 상기 서냉과, 상기 급냉을 행한 후에 행하고,

상기 용체화 처리는 상기 제1 코트 및 상기 제2 코트를 형성한 후에 행하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 모재의 표면에 상기 제2 코트로서 언더 코트를 형성하는 것과,

상기 언더 코트를 형성한 후, 상기 언더 코트의 표면에 톱 코트를 형성하는 것을 추가로 포함하며,

상기 톱 코트의 형성은 상기 납땜 처리 및 상기 용체화 처리를 행한 후에 행하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 언더 코트의 형성은 상기 납땜 처리 및 상기 용체화 처리를 행한 후에 행하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 용체화 처리 후, 상기 모재를 가열하여 시효 처리를 행하는 것을 추가로 포함하며,

상기 톱 코트의 형성은 상기 시효 처리 후에 행하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 서냉에 의해 상기 로 속의 온도가 상기 제2 온도보다도 낮은 제3 온도에 도달한 후, 상기 히터를 작동시켜 상기 로 속의 온도를 상기 제2 온도까지 상승시키는 조정 처리를 행하는 것을 추가로 포함하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 서냉은 3℃/min 이상 20℃/min 이하의 온도 저하 속도로 상기 모재의 온도를 저하시키는 것을 포함하는 터빈 블레이드의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 터빈 블레이드의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가스 터빈은 압축기와 연소기와 터빈을 갖고 있다. 압축기는 공기를 취입하여 압축하여 고온 고압의 압축 공기로 한다. 연소기는 이 압축 공기에 대하여 연료를 공급해서 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. 터빈 블레이드를 제조하는 경우, 예를 들어 특허문헌 1에 기재되어 있는 바와 같이, 주조나 단조 등에 의해 모재(母材)를 형성한 후, 모재에 대하여 소정의 가열 처리를 행한다(예를 들어, 특허문헌 1 참조). 또한, 모재에 납땜 처리를 행하는 경우, 즉 모재에 땀납재를 배치하여 가열함으로써 땀납재를 용융시켜 접합하는 처리를 행하는 경우에는, 납땜 처리 후, 모재를 냉각하고, 그 후 모재에 대하여 소정의 가열 처리를 행한다(예를 들어, 특허문헌 2 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 제2003-34853호
 (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 제2002-103031호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 특허문헌 2에 기재된 제조 방법에서는, 납땜 처리 후에는, 모재에 대하여 냉각용 기체를 공급함으로써, 소정의 냉각 온도까지 급격히 저하시키고 있다(급냉). 그러나 이 급냉에 의한 땜납재의 급격한 응고 축소에 의해 납땜 부에 보이드(void) 등이 생기는 경우가 있다.
- [0006] 본 발명은 상기를 감안하여 이루어진 것이며, 납땜 부분의 품질 향상을 도모하는 것이 가능한 터빈 블레이드의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 히터를 갖는 소정의 가열로 안에 땜납재가 배치된 터빈 블레이드의 모재를 배치한 상태에서 상기 히터를 작동시켜 제1 온도에서 가열하고, 상기 땜납재를 용융시켜 상기 모재에 접합하는 납땜 처리를 행하는 것과, 상기 납땜 처리 후, 상기 히터를 정지시킴으로써 로 속의 온도를 저하시켜 상기 모재를 냉각하는 서냉(徐冷)을 행하는 것과, 상기 서냉 후, 상기 모재를 상기 제1 온도보다도 낮은 제2 온도에서 가열하여 상기 모재의 용체화 처리(溶體化處理)를 행하는 것을 포함한다.
- [0008] 본 발명에 의하면, 납땜 처리를 행한 후, 서냉에 의해 모재를 냉각하기 때문에, 납땜 부분에 보이드 등이 생기는 것을 억제할 수 있다. 이에 의해 납땜 부분의 품질 향상을 도모할 수 있다. 또한, 서냉에 의해 모재를 냉각함으로써, 석출하는 γ' 상을 충분히 성장시킬 수 있고, 또한 γ' 상이 지나치게 성장하는 것을 억제할 수 있다. 이에 의해 모재의 강도 및 연성의 저하를 억제할 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 모재 중 상기 터빈 블레이드의 콘택트 면에 상당하는 부분에 상기 모재보다도 내마모성이 높은 금속 재료를 이용하여 제1 코트를 형성하는 것과, 상기 모재보다도 내산화성이 높은 금속 재료를 이용하여 상기 모재의 표면에 제2 코트를 형성하는 것을 추가로 포함하며, 상기 납땜 처리는 상기 제1 코트 또는 상기 제2 코트를 형성한 후에 행해도 좋다.
- [0010] 본 발명에 의하면, 납땜 처리 및 용체화 처리가, 제1 코트 및 제2 코트를 구성하는 원자를 확산시킴으로써 밀착성을 향상시키는 확산 처리를 겸한 처리로서 행할 수 있다. 이에 의해 가열 처리의 효율화를 도모할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 서냉에 의해 상기 로 속의 온도가 소정 온도에 도달한 후, 상기 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 상기 모재를 냉각하는 급냉을 행하는 것을 추가로 포함하며, 상기 용체화 처리는 상기 급냉 후에 행해도 좋다.
- [0012] 본 발명에 의하면, 서냉에 의해 보이드 등의 발생이 억제된 상태에서 급냉을 행하기 때문에, 납땜 부분의 품질을 유지하면서 냉각 시간의 단축화를 도모할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 모재 중 상기 터빈 블레이드의 콘택트 면에 상당하는 부분에 상기 모재보다도 내마모성이 높은 금속 재료를 이용하여 제1 코트를 형성하는 것과, 상기 모재보다도 내산화성이 높은 금속 재료를 이용하여 상기 모재의 표면에 제2 코트를 형성하는 것과, 상기 서냉에 의해 상기 로 속의 온도가 소정 온도에 도달한 후, 상기 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 상기 모재를 냉각하는 급냉을 행하는 것을 추가로 포함하며, 상기 제1 코트 및 상기 제2 코트의 형성은, 상기 납땜 처리와, 상기 서냉과, 상기 급냉을 행한 후에 행하고, 상기 용체화 처리는 상기 제1 코트 및 상기 제2 코트를 형성한 후에 행해도 좋다.
- [0014] 본 발명에 의하면, 납땜 처리를 행한 후, 서냉에 의해 모재를 냉각하고 나서 용체화 처리를 행하기 때문에, 납땜 부분에 보이드 등이 생기는 것을 억제할 수 있다. 이에 의해 납땜 부분의 품질 향상을 도모할 수 있다. 또한, 서냉 후, 소정 온도에 도달한 후, 급냉으로 냉각함으로써, 냉각 처리가 단시간에 행해지게 된다.
- [0015] 또한, 상기 모재의 표면에 상기 제2 코트로서 언더 코트(under coat)를 형성하는 것과, 상기 언더 코트를 형성한 후, 상기 언더 코트의 표면에 톱 코트(top coat)를 형성하는 것을 추가로 포함하며, 상기 톱 코트의 형성은 상기 납땜 처리 및 상기 용체화 처리를 행한 후에 행해도 좋다.
- [0016] 본 발명에 의하면, 언더 코트를 형성한 후, 납땜 처리 및 용체화 처리가 톱 코트의 형성 전에 행하기 때문에, 가열 처리를 단시간에 효율적으로 행하는 동시에 톱 코트의 균열을 억제할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 언더 코트의 형성은 상기 납땜 처리 및 상기 용체화 처리를 행한 후에 행해도 좋다.
- [0018] 본 발명에 의하면, 납땜 처리 및 용체화 처리를 행한 후에 언더 코트를 형성하고, 그 후 톱 코트를 형성하게 된다. 이와 같이, 언더 코트를 형성하고 나서 톱 코트를 형성할 때까지 열처리 등의 다른 프로세스를 행하지 않

기 때문에, 언더 코트의 표면에 이물(異物) 등이 부착되는 것을 억제할 수 있다. 이물 등이 표면에 부착되면 언더 코트의 앵커 효과(anchor effect)가 저하된다. 이에 대하여, 본 변형예에서는 이물 등의 부착을 억제함으로써 앵커 효과의 저하를 억제할 수 있다. 이에 의해, 언더 코트와 톱 코트의 밀착성이 저하되는 것을 방지할 수 있다.

- [0019] 또한, 상기 용체화 처리 후, 상기 모재를 가열하여 시효 처리를 행하는 것을 추가로 포함하며, 상기 톱 코트의 형성은 상기 시효 처리 후에 행해도 좋다.
- [0020] 본 발명에 의하면, 톱 코트를 형성하는 경우에 있어서, 톱 코트에 반점(斑点)이나 크랙 등이 형성되는 것을 억제하면서 납땜 부분의 품질 향상을 도모하는 것이 가능해진다.
- [0021] 또한, 상기 서냉에 의해 상기 로 속의 온도가 상기 제2 온도보다도 낮은 제3 온도에 도달한 후, 상기 히터를 작동시켜 상기 로 속의 온도를 상기 제2 온도까지 상승시키는 조정 처리를 행하는 것을 추가로 포함해도 좋다.
- [0022] 본 발명에 의하면, 제1 온도로부터 제2 온도를 거쳐서 제3 온도로 변화하는 연속한 가열 처리를 효율적으로 행할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 용체화 처리 후, 상기 모재를 가열하여 시효 처리를 행하는 것과, 상기 시효 처리 후, 상기 제2 코트의 표면에 톱 코트를 형성하는 것을 추가로 포함해도 좋다.
- [0024] 본 발명에 의하면, 톱 코트를 형성하는 경우에 있어서, 톱 코트에 반점이나 크랙 등이 형성되는 것을 억제하면서 납땜 부분의 품질 향상을 도모하는 것이 가능해진다.
- [0025] 또한, 상기 서냉은 3℃/min 이상 20℃/min 이하의 온도 저하 속도로 상기 모재의 온도를 저하시키는 것을 포함해도 좋다.
- [0026] 본 발명에 의하면, 서냉에 있어서, 3℃/min 이상의 온도 저하 속도로 모재의 온도를 저하시키기 때문에, 모재의 강도의 저하를 억제하면서 처리 시간의 장시간화를 억제할 수 있다. 또한, 20℃/min 이하의 온도 저가속도로 모재의 온도를 저하시키기 때문에, 납땜 부분의 품질 저하를 억제하면서 모재의 연성의 저하를 억제할 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명에 의하면, 납땜 부분의 품질 향상을 도모하는 것이 가능한 터빈 블레이드의 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 제1 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 일례를 나타내는 플로 차트이다.
- 도 2는 납땜 처리 및 용체화 처리를 연속하여 행하는 경우의 가열 온도의 시간 변화의 일례를 나타내는 그래프이다.
- 도 3은 제2 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 일례를 나타내는 플로 차트이다.
- 도 4는 납땜 처리에 있어서의 가열 온도의 시간 변화의 일례를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 변형예에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 일례를 나타내는 플로 차트이다.
- 도 6은 변형예에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 일례를 나타내는 플로 차트이다.
- 도 7은 비교예 1에 관한 터빈 블레이드의 모재에 대하여 γ' 상의 석출 상태를 나타내는 현미경 사진을 나타내는 도면이다.
- 도 8은 비교예 2에 관한 터빈 블레이드의 모재에 대하여 γ' 상의 석출 상태를 나타내는 현미경 사진을 나타내는 도면이다.
- 도 9는 실시예에 관한 터빈 블레이드의 모재에 대하여 γ' 상의 석출 상태를 나타내는 현미경 사진을 나타내는 도면이다.
- 도 10은 비교예 2에 관한 터빈 블레이드의 모재의 납땜 부분 및 그 근방을 나타내는 현미경 사진을 나타내는 도면이다.
- 도 11은 비교예 2에 관한 터빈 블레이드의 모재의 납땜 부분을 확대하여 나타내는 현미경 사진을 나타내는 도면

이다.

도 12는 실시예에 관한 터빈 블레이드의 모재의 납땜 부분 및 그 근방을 나타내는 현미경 사진을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 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 가능한 동시에 용이한 것, 또는 실질적으로 동일한 것이 포함된다.
- [0030] <제1 실시형태>
- [0031] 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 열간 정수압 처리(Hot Isostatic Pressing)를 행하는 공정(단계 S20)과, 모재의 표면에 내마모 코트(제1 코트)를 형성하는 공정(단계 S30)과, 모재 및 내마모 코트의 표면에 내산화 코트(제2 코트)를 형성하는 공정(단계 S40)과, 모재에 납땜 처리 및 용체화 처리를 행하는 공정(단계 S50)과, 모재에 시효 처리를 행하는 공정(단계 S60)을 포함한다.
- [0032] 단계(S10)에서는, 정익이나 동익 등의 터빈 블레이드를 구성하는 모재가 형성된다. 이러한 터빈 블레이드의 일례로서, 예를 들어 슈라우드 부착 동익 등을 들 수 있다. 슈라우드 부착 동익은 소정 방향, 예를 들어 터빈의 로터 회전 방향으로 복수 나란히 배치되어 있고, 콘택트 면을 갖고 있다.
- [0033] 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.
- [0034] 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 보통 주조재가 이용되는 경우를 예로 들어 설명하지만, 이에 한정되는 것은 아니며, 모재가 일 방향 응고재 또는 단결정재라도 좋다.
- [0035] 단계(S20)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(서냉)함으로써 모재의 온도를 저하시킨다. 또한, 단계(S20) 후, 후술하는 용체화 처리와 동일한 처리를 행해도 좋다.
- [0036] 단계(S30)에서는, 모재 중, 동익의 콘택트 면에 상당하는 부분에 내마모 코트(제1 코트)를 형성한다. 내마모 코트로서는, 예를 들어 트리발로이(Tribaloy)(등록 상표)(800) 등의 코발트기 내마모재를 이용할 수 있다. 단계(S30)에서는, 예를 들어 대기압 플라즈마 용사, 고속 프레임 용사, 감압 플라즈마 용사, 분위기 플라즈마 용사 등의 수법에 의해 모재 중 콘택트 면에 상당하는 부분에 상기 재료의 층을 형성할 수 있다.
- [0037] 단계(S40)에서는 모재의 표면에 내산화 코트(제2 코트)를 형성한다. 내산화 코트의 재료로서는, 예를 들어 모재보다도 내산화성이 높은 MCrAlY 등의 합금 재료를 이용할 수 있다. 단계(S40)에서는, 예를 들어 모재의 표면을 가열한 후, 상기 합금 재료 등을 모재의 표면에 용사함으로써 내산화 코트를 형성한다.
- [0038] 단계(S50)에서는, 모재에 납땜 처리를 행하고, 서냉한 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 액상선 온도(液相線溫度)는, 예를 들어 1155℃ 정도이다. 납땜 처리에 이용되는 땀납재의 양에 대하여는 실험 등을 행함으로써 미리 조정해

둔다. 납땜 처리에서는, 땀납재를 용융시키는 것이 가능한 제1 온도(T1), 예를 들어 1175℃ 이상 1215℃ 이하의 온도에서 가열 처리를 행할 수 있다.

[0039] 용체화 처리는, 모재를 가열함으로써, 모재에 있어서 금속 간 화합물인 γ' 상을 고용 및 성장시키는 처리이다. 용체화 처리에서는, 예를 들어 납땜 처리에 있어서의 가열 온도보다도 낮은 제2 온도(T2), 예를 들어 1100℃ 이상 1140℃ 이하의 온도에서 가열 처리를 행할 수 있다.

[0040] 도 2는 단계(S50)의 가열 처리에 있어서의 가열 온도의 시간 변화의 일례를 나타내는 그래프이다. 도 2의 횡축은 시간을 나타내고, 종축은 온도를 나타내고 있다. 단계(S50)에서는, 먼저 납땜 처리를 행한다. 납땜 처리는 모재에 땀납재를 배치한 상태에서 소정의 가열로에 투입하고, 가열로의 히터를 작동시켜 가열을 시작한다(시각 t1). 가열로의 로 속의 온도(가열 온도)가 상기 제1 온도(T1)에 도달한 경우(시각 t2), 로 속의 온도의 상승을 정지하고, 당해 제1 온도(T1)에서 소정 시간 가열 처리를 행한다. 이에 의해, 땀납재가 용융하여 모재에 접합된다.

[0041] 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 액상선 온도보다도 낮은 온도로 설정되며, 예를 들어 1100℃로 할 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 제1 온도(T1)까지 상승시켜 납땜 처리를 행한다.

[0042] 납땜 처리가 소정 시간 행해진 후(시각 t3), 예를 들어 히터를 정지시킴으로써 모재의 온도를 3℃/min 이상 20℃/min 이하 정도의 온도 저하 속도로 용체화 처리에 있어서의 제2 온도(T2)보다도 낮은 제3 온도(T3)까지 저하시킨다(서냉). 또한, 서냉에 있어서, 예를 들어 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 온도 저하 속도를 조정해도 좋다. 제3 온도(T3)로서는, 예를 들어 980℃ 이상 1020℃ 이하의 온도로 할 수 있다. 서냉으로 냉각함으로써, 납땜 부분에 보이드 등이 생기는 것이 억제된다.

[0043] 서냉에 의해 로 속의 온도가 제3 온도(T3)에 도달한 후, 로 속의 온도를 상승시키는 조정 처리를 행한다(시각 t4). 조정 처리는 히터를 작동시킴으로써, 로 속의 온도를 제2 온도(T2)까지 상승시킨다. 로 속의 온도가 제2 온도(T2)까지 상승한 경우(시각 t5), 로 속의 온도의 상승을 정지시켜 가열로 속을 제2 온도(T2)로 한 상태에서 용체화 처리를 행한다. 용체화 처리가 소정 시간 행해진 후, 예를 들어 히터를 정지시키고, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급한다(시각 t6). 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(粒徑) 등)가 유지된다. 로 속의 온도가 소정의 온도로 된 후(시각 t7), 가열로 안으로부터 모재를 취출함으로써, 단계(S50)가 종료된다.

[0044] 또한, 단계(S50)의 가열 처리에 의해 내마모 코트 및 내산화 코트가 모재의 표면에 확산되어, 모재의 표면과 각 코트 사이의 밀착성이 향상된다.

[0045] 단계(S60)에 있어서의 시효 처리는, 용체화 처리를 행한 모재를 가열함으로써, 모재에 있어서, 용체화 처리에서 성장한 γ' 상을 추가로 성장시키고, 당해 용체화 처리에서 생긴 γ' 상보다도 소직경의 γ' 상을 석출시킨다. 이 소직경의 γ' 상은 모재의 강도를 증가시킨다. 따라서 시효 처리는 소직경의 γ' 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).

[0046] 이상과 같이, 본 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 납땜 처리를 행한 후, 서냉에 의해 모재를 냉각하고 나서 용체화 처리를 행하기 때문에, 납땜 부분에 보이드 등이 생기는 것을 억제할 수 있다. 이에 의해 납땜 부분의 품질 향상을 도모할 수 있다. 또한, 본 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은 납땜 처리 및 용체화 처리를 연속하여 행하기 때문에, 가열 처리의 시간 단축 및 공정의 간소화를 도모할 수 있다.

[0047] <제2 실시형태>

[0048] 도 3은 제2 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법에 있어서의 확산 처리의 일례를 나타내는 플로 차트이다. 제2 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 납땜 처리의 순서가 제1 실시형태와는 다르다.

[0049] 도 3에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 터빈 블레이드의 모재를 형성하

는 공정(단계 S110)과, 모재에 대하여 열간 정수압 처리를 행하는 공정(단계 S120)과, 모재에 납땜 처리를 행하는 공정(단계 S130)과, 모재의 표면에 내마모 코트(제1 코트)를 형성하는 공정(단계 S140)과, 모재 및 내마모 코트의 표면에 내산화 코트(제2 코트)를 형성하는 공정(단계 S150)과, 모재에 용체화 처리를 행하는 공정(단계 S160)과, 모재에 시효 처리를 행하는 공정(단계 S170)을 포함한다. 단계(S110) 및 단계(S120)는 제1 실시형태에 있어서의 단계(S10) 및 단계(S20)와 동일하기 때문에 설명을 생략한다.

[0050] 도 4는 단계(S130)의 가열 처리에 있어서의 가열 온도의 시간 변화의 일례를 나타내는 그래프이다. 도 4의 횡축은 시간을 나타내고, 종축은 온도를 나타내고 있다. 단계(S130)에서는 제1 실시형태에 있어서의 납땜 처리 및 서냉과 동일한 처리를 행한다(시각 t1부터 t3). 서냉으로 냉각함으로써, 납땜 부분에 보이드 등이 생기는 것이 억제된다. 그 후, 모재 온도가, 예를 들어 제3 온도(T3)(예를 들어, 980℃ 이상 1020℃ 이하의 온도)에 도달한 경우에, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 모재의 온도를, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 급격히 저하시킨다(급냉). 급냉으로 냉각함으로써, 냉각 처리가 단시간에 행해지게 된다. 로 속의 온도가 소정의 온도로 된 후(시각 t8), 가열로 안에서 모재를 취출함으로써, 단계(S130)가 종료된다.

[0051] 그 후, 단계(S140) 및 단계(S150)는 제1 실시형태에 있어서의 단계(S30 및 S40)와 동일한 처리를 행한다.

[0052] 단계(S160)에서는, 내산화 코트를 형성한 후의 모재를 소정의 가열로에 투입하고, 제1 실시형태와 동일하게 제2 온도(T2)(예를 들어, 1100℃ 이상 1140℃ 이하의 온도)에서 용체화 처리를 행한다. 용체화 처리에 있어서 모재가 가열됨으로써, γ' 상이 고용 및 성장한다. 또한, 내마모 코트 및 내산화 코트가 모재의 표면에 확산되어, 모재의 표면과 각 코트 사이의 밀착성이 향상된다. 용체화 처리 후, 가열로의 히터를 정지시키고, 가열로 안에 냉각용 기체를 공급함으로써 모재의 온도를, 예를 들어 30℃/min 정도의 온도 저하 속도로 급격히 저하시킨다(급냉).

[0053] 단계(S170)는 제1 실시형태에 있어서의 단계(S60)와 동일한 처리를 행한다.

[0054] 이상과 같이, 본 실시형태에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 납땜 처리를 행한 후, 서냉에 의해 모재를 냉각하고 나서 용체화 처리를 행하기 때문에, 납땜 부분에 보이드 등이 생기는 것을 억제할 수 있다. 이에 의해 납땜 부분의 품질 향상을 도모할 수 있다. 또한, 서냉 후, 소정 온도(예를 들어, 제3 온도(T3))에 도달한 후, 급냉으로 냉각함으로써, 냉각 처리가 단시간에 행해지게 된다.

[0055] 본 발명의 기술 범위는 상기 실시형태에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 취지를 일탈하지 않는 범위에서 적당히 변경을 더할 수 있다. 예를 들어, 상기 실시형태에서는, 톱 코트가 형성되지 않은 경우를 예로 들어 설명했지만, 이에 한정하는 것은 아니며, 톱 코트를 형성하는 경우에 대하여도 본 발명의 적용이 가능하다.

[0056] 도 5는 변형예에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법의 일례를 나타내는 플로 차트이다. 도 5에 나타내는 바와 같이, 변형예에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 보통 주조재를 이용하여 모재를 형성하는 공정(단계 S210)과, 모재에 대하여 열간 정수압 처리를 행하는 공정(단계 S220)과, 모재의 표면에 내마모 코트를 형성하는 공정(단계 S230)과, 모재 및 내마모 코트의 표면에 언더 코트를 형성하는 공정(단계 S240)과, 모재에 납땜 처리 및 용체화 처리를 행하는 공정(단계 S250)과, 모재에 시효 처리를 행하는 공정(단계 S260)과, 모재에 톱 코트를 형성하는 공정(단계 S270)을 포함하고 있다. 단계(S210)부터 단계(S230)는 제1 실시형태에 있어서의 단계(S10) 및 단계(S20)와 동일하기 때문에, 설명을 생략한다.

[0057] 단계(S240)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 톱 코트의 밀착성을 향상시킨다. 언더 코트의 재료로서는, 예를 들어 모재보다도 내산화성이 높은 MCrAlY 등의 합금 재료를 이용할 수 있다. 단계(S240)에서는, 예를 들어 모재의 표면을 가열한 후, 상기 합금 재료 등을 모재의 표면에 용사함으로써 언더 코트를 형성한다. 또한, 모재의 표면에 언더 코트를 형성하기 전에, 예를 들어 모재의 표면에 알루미늄(Al_2O_3)을 분사함으로써, 모재 표면을 조면화시켜도 좋다. 이에 의해, 앵커 효과에 의해 모재와 언더 코트의 밀착성이 향상된다. 또한, 블래스트 처리 후, 모재의 표면을 세정하는 클리닝 처리를 행해도 좋다.

[0058] 그 후, 단계(S250) 및 단계(S260)는 제1 실시형태에 있어서의 단계(S50) 및 단계(S60)와 동일한 처리를 행한다. 단계(S250) 및 단계(S260)의 가열 처리를 행함으로써, 언더 코트가 조면화된 모재의 표면에 확산되어, 모재의 표면과 언더 코트 사이의 밀착성이 향상된다.

[0059] 단계(S270)에서는 언더 코트의 표면에 톱 코트를 형성한다. 톱 코트는 상기 차열 코팅의 일부이며, 모재의 표

면을 고온으로부터 보호한다. 톱 코트의 재료로서는, 세라믹 등의 열전도율이 작은 재료를 이용할 수 있다. 세라믹으로서는, 예를 들어 지르코니아를 주성분으로 하는 재료 등이 이용된다. 단계(S270)에서는, 예를 들어 상기 재료를 언더 코트의 표면에 대기 플라즈마 용사함으로써 형성된다.

[0060] 상기 터빈 블레이드의 제조 방법은, 모재에 톱 코트를 형성하기 전에 납땜 처리, 용체화 처리 및 시효 처리를 행하기 때문에, 톱 코트에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 억제할 수 있다. 이에 의해, 차열 코팅에 반점이나 크랙 등이 생기는 것을 억제하면서 납땜 부분의 품질 향상을 도모하는 것이 가능해진다.

[0061] 또한, 도 5의 예에서는 언더 코트를 형성한 후에 납땜 처리 및 용체화 처리를 행하는 경우를 예로 들어 설명했지만, 이에 한정되는 것은 아니다. 도 6은 변형예에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법을 나타내는 플로 차트이다. 도 6에 나타내는 바와 같이, 변형예에 관한 터빈 블레이드의 제조 방법은, 단계(S210)부터 단계(S230)에 대하여는 도 5에 나타내는 예와 동일하지만, 단계(S230) 후에 납땜 처리 및 용체화 처리를 행하고(단계S250A), 납땜 처리 및 용체화 처리 후에 언더 코트를 형성한다(단계 S240A)는 점에서 도 5에 나타내는 예와는 다르다. 언더 코트를 형성한 후에는, 열처리를 하지 않고, 톱 코트를 형성한다(단계 S270A). 또한, 톱 코트를 형성한 후에는, 도 5에 나타내는 예와 동일하게 시효 처리를 행한다(단계 S260A).

[0062] 도 6에 나타내는 예처럼 언더 코트를 형성한 후, 톱 코트를 형성하기 전에, 열처리 등의 다른 프로세스를 행하지 않도록 함으로써, 언더 코트의 표면에 이물 등이 부착되는 것을 억제할 수 있다. 이물 등이 표면에 부착되면 언더 코트의 앵커 효과가 저하된다. 이에 대하여, 본 변형예에서는 이물 등의 부착을 억제함으로써 앵커 효과의 저하를 억제할 수 있다. 이에 의해, 언더 코트와 톱 코트의 밀착성이 저하되는 것을 방지할 수 있다.

[0063] **실시예**

[0064] 다음에, 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 실시예에서는 상기 실시형태에서 설명한 조성의 Ni기 합금을 이용하여 터빈 블레이드의 모재를 복수 주조했다. 복수의 모재는 보통 주조재(CC 재료)로서 형성했다. 이 복수의 모재 중, 제1 실시형태에 있어서 도 2에 나타내는 온도 변화에서 납땜 처리 및 용체화 처리를 연속하여 행한 것을 실시예로 했다. 실시예는 제1 온도(T1)를 1195℃로 하고, 제2 온도(T2)를 1120℃로 하고, 제3 온도(T3)를 1000℃로 했다. 또한, 시효 처리를 850℃로 했다.

[0065] 또한, 복수의 모재 중, 열간 정수압 처리를 행한 후, 납땜 처리를 행하지 않고 용체화 처리를 행하고, 각 코트를 형성한 후에, 시효 처리를 행한 것을 비교예 1로 했다. 비교예에서는 용체화 처리를 각각 1120℃에서 행했다. 또한, 시효 처리를 850℃에서 행했다. 용체화 처리, 시효 처리 후, 각각 급냉으로 냉각을 행했다.

[0066] 또한, 복수의 모재 중, 열간 정수압 처리(및 용체화 처리)를 행하고, 납땜 처리를 행한 후, 용체화 처리 및 시효 처리를 행한 것을 비교예 2로 했다. 비교예 2는, 납땜 처리를 1195℃에서 행하고, 용체화 처리를 1120℃에서 행하고, 시효 처리를 850℃에서 행했다. 또한, 납땜 처리, 용체화 처리 및 시효 처리 후, 각각 급냉으로 냉각을 행했다.

[0067] 도 7은 비교예 1에 관한 터빈 블레이드의 모재에 대하여 γ' 상의 석출 상태를 나타내는 현미경 사진이다. 도 8은 비교예 2에 관한 터빈 블레이드의 모재에 대하여 γ' 상의 석출 상태를 나타내는 현미경 사진이다. 도 9는 실시예에 관한 터빈 블레이드의 모재에 대하여 γ' 상의 석출 상태를 나타내는 현미경 사진이다.

[0068] 도 7에 나타내는 바와 같이, 비교예 1에 관한 모재에 있어서는, 용체화 처리에 의해 성장한 γ' 상과 시효 처리에 있어서 석출한 소직경의 γ' 상이 밸런스 좋게 존재하고 있다. 이에 대하여, 도 8에 나타내는 바와 같이, 비교예 2에 관한 모재에 있어서는, 비교예 1에 관한 모재와 비교하여, 용체화 처리에 있어서 성장한 γ' 상의 직경이 작고, 모재의 연성을 충분히 확보할 수 없는 상태로 되어 있다. 또한, γ' 상은 납땜 처리의 냉각 시에 석출 및 성장한다. 그러나 비교예 2에서는 납땜 처리의 냉각이 급냉이기 때문에, γ' 상이 충분히 성장하지 않고, 직경이 작아지고 있다.

[0069] 한편, 도 9에 나타내는 바와 같이, 실시예에 관한 모재에 있어서는, 비교예 1과 동일하게, 용체화 처리에 의해 석출하여 성장한 γ' 상과 시효 처리에 있어서 석출한 소직경의 γ' 상이 밸런스 좋게 존재하고 있다. 실시예 1에서는, 납땜 처리의 냉각이 서냉이며, 비교예 1에 있어서의 열간 정수압 처리 후의 냉각과 동일하다. 따라서 γ' 상은 비교예 1과 동일하게 밸런스 좋게 존재하게 된다.

[0070] 따라서 본 실시예에 의하면, 납땜 처리 후, 서냉에 의해 모재를 냉각함으로써, 납땜 부분의 품질 향상을 도모하는 것이 가능한 동시에 납땜 처리 후의 서냉에 의해 석출하여 용체화 처리에서 성장한 γ' 상과 시효 처리에서 석출한 소직경의 γ' 상이 밸런스 좋게 포함되게 된다.

[0071] 도 10은 비교예 2에 관한 터빈 블레이드의 모재의 납땜 부분 및 그 근방을 나타내는 현미경 사진이다. 도 11은 비교예 2에 관한 터빈 블레이드의 모재의 납땜 부분을 확대하여 나타내는 현미경 사진이다. 도 12는 실시예에 관한 터빈 블레이드의 모재의 납땜 부분 및 그 근방을 나타내는 현미경 사진이다.

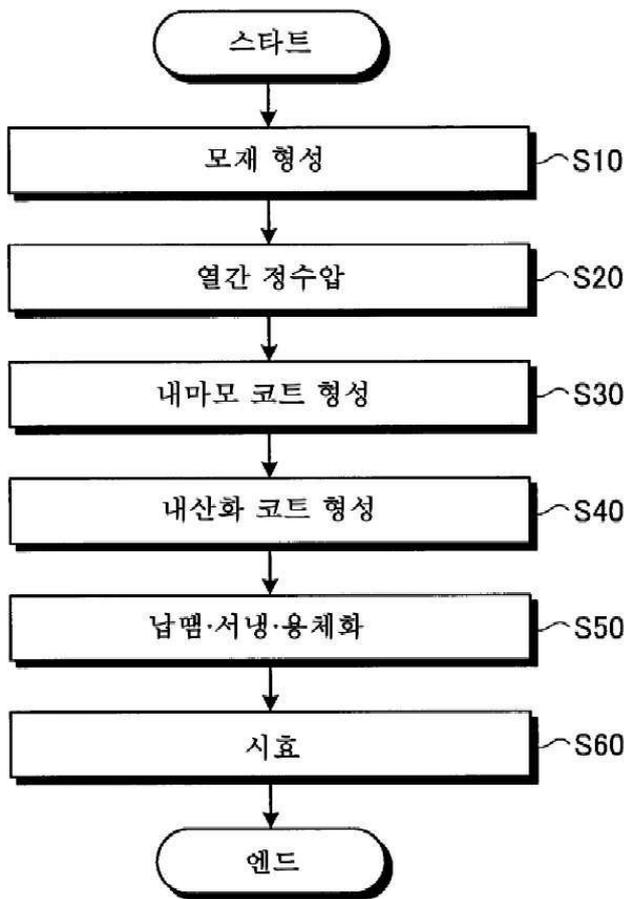
[0072] 도 10 및 도 11에 나타내는 바와 같이, 비교예 2에 관한 터빈 블레이드의 모재의 납땜 부분은, 보이드가 많이 형성되어 있다. 이에 대하여, 도 12에 나타내는 바와 같이, 실시예에 관한 터빈 블레이드의 모재의 납땜 부분에는 보이드가 거의 보이지 않는다. 이와 같이, 본 실시예에 의하면, 납땜 부분의 품질 향상을 도모할 수 있다.

부호의 설명

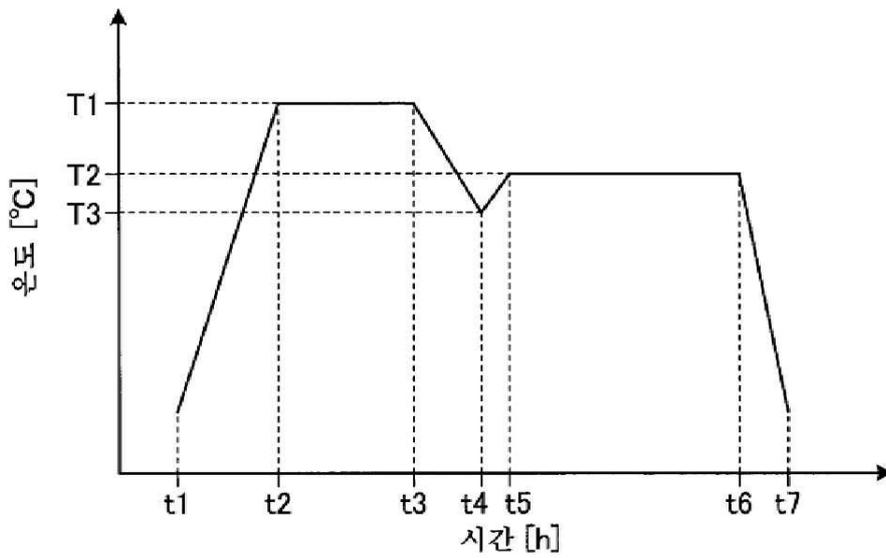
[0073] T1: 제1 온도
T2: 제2 온도
T3: 제3 온도

도면

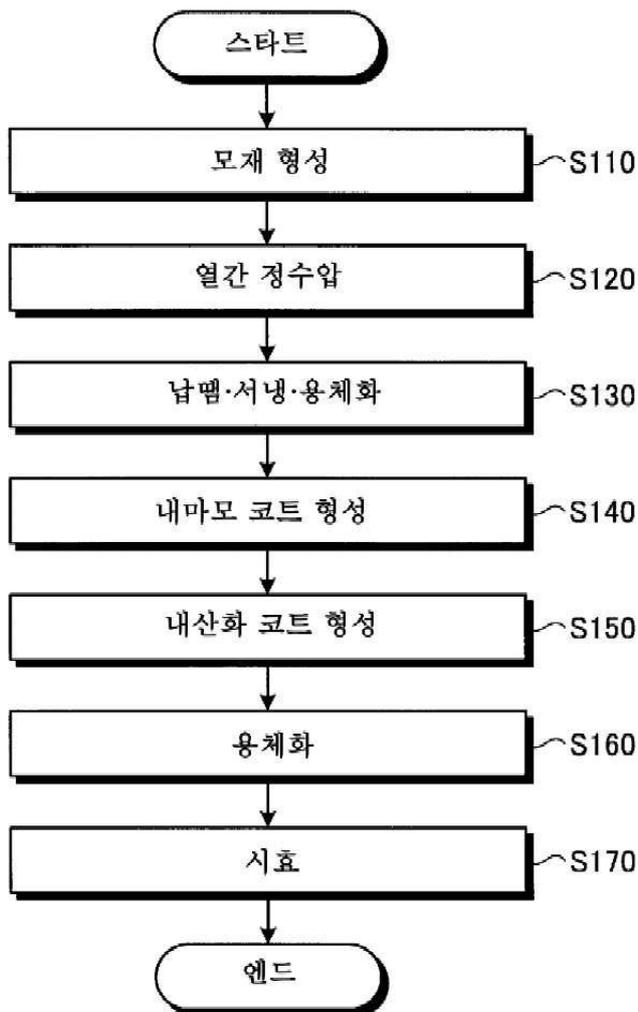
도면1



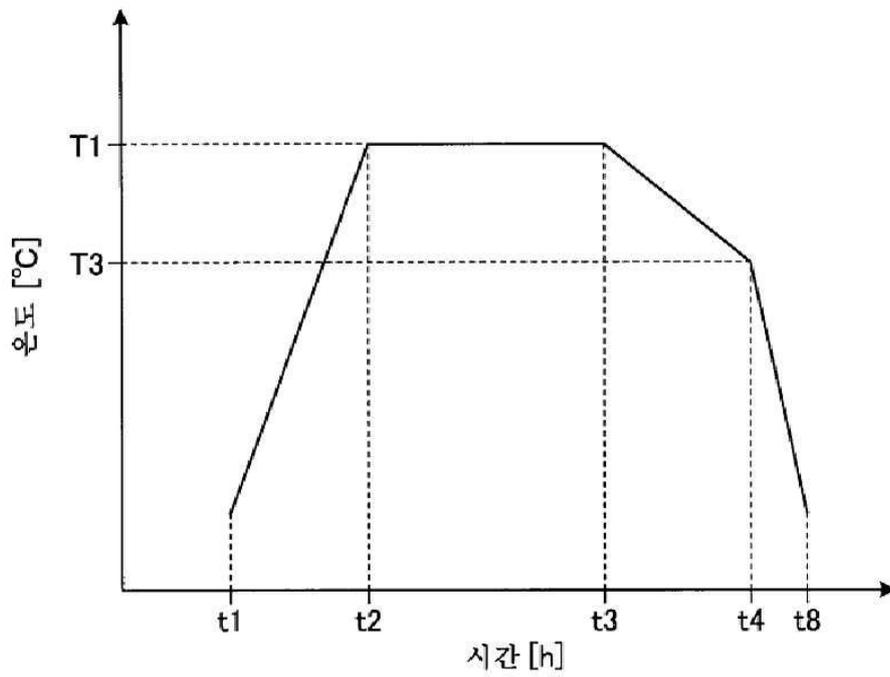
도면2



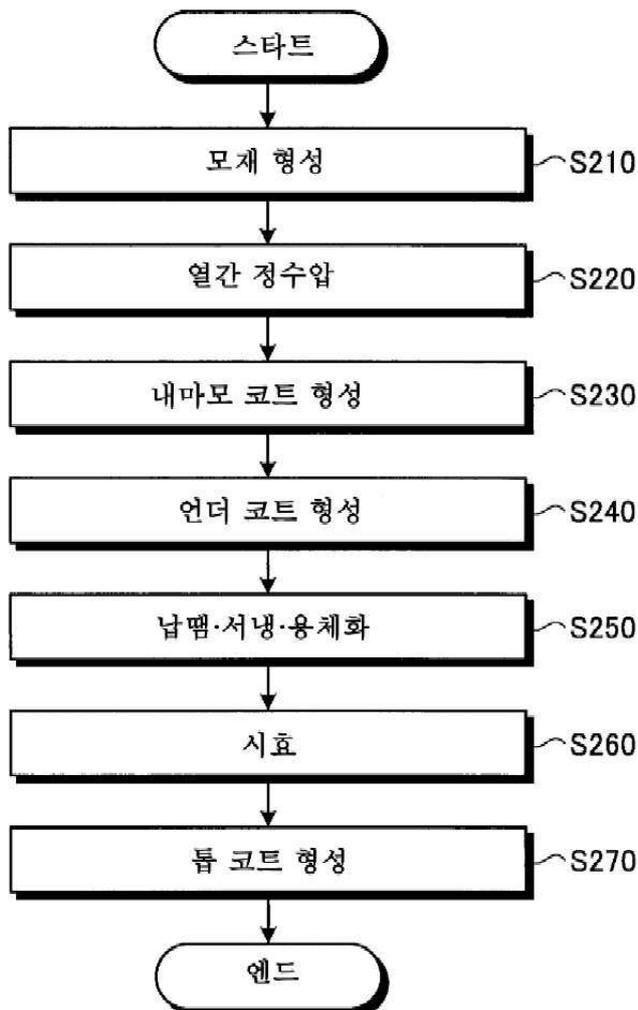
도면3



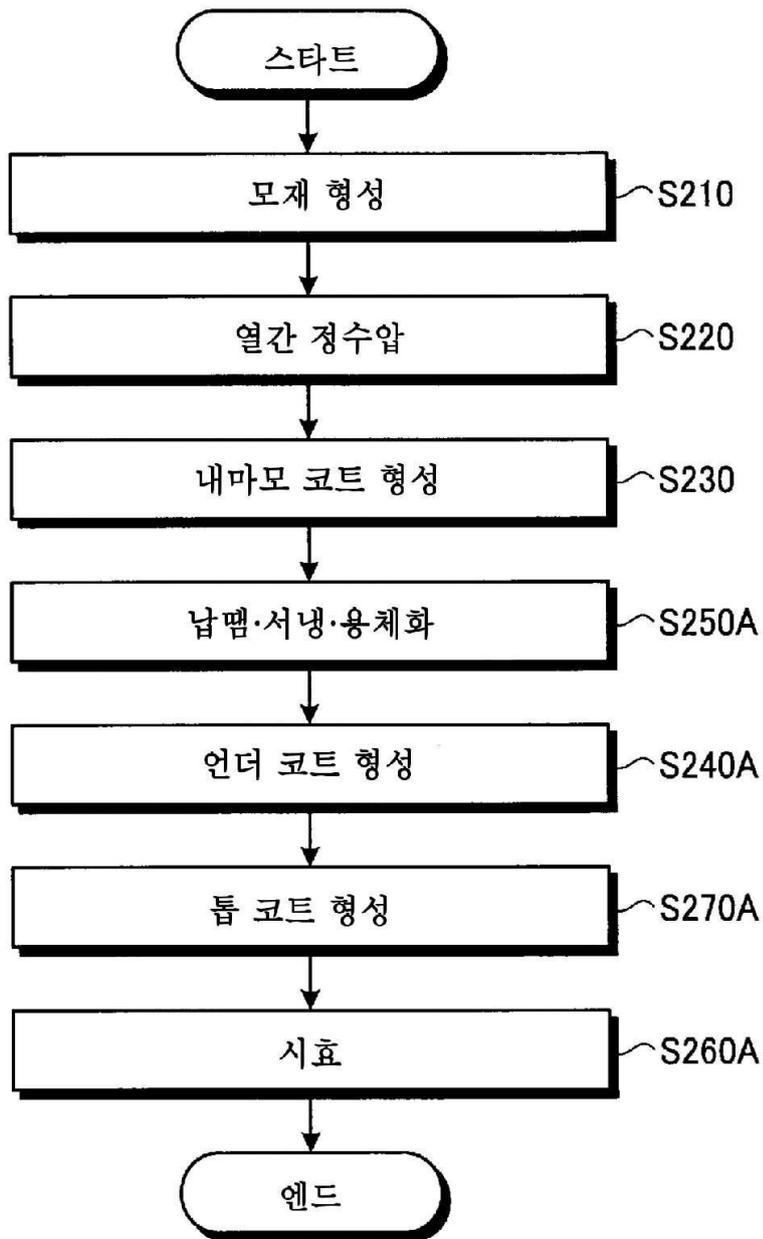
도면4



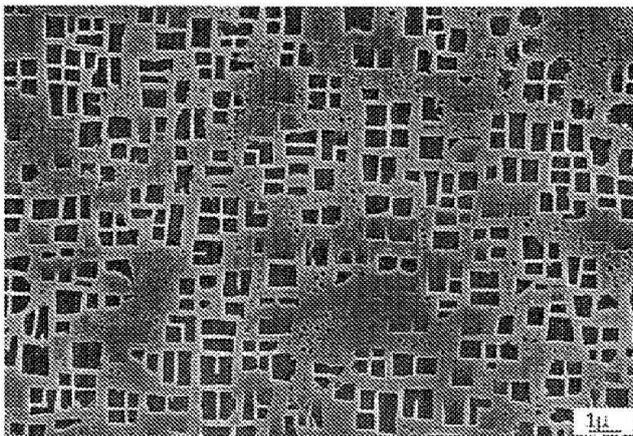
도면5



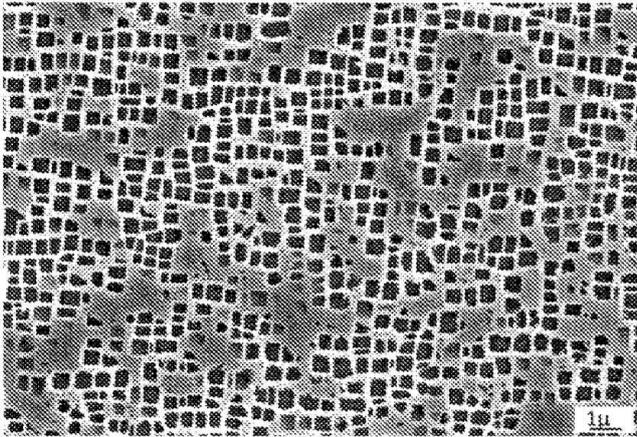
도면6



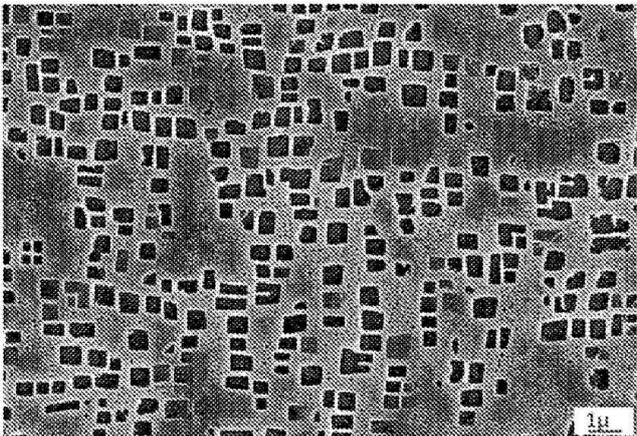
도면7



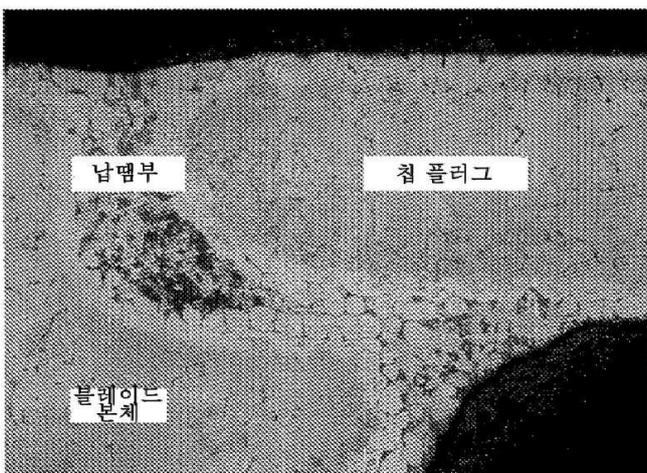
도면8



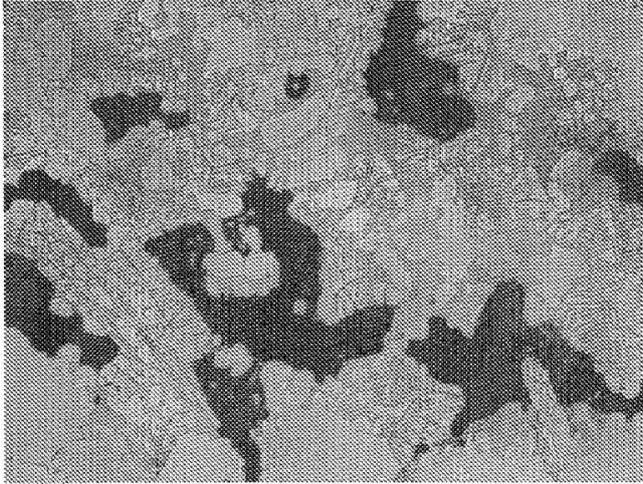
도면9



도면10



도면11



도면12

