



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년09월01일

(11) 등록번호 10-1774023

(24) 등록일자 2017년08월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B23K 26/34 (2014.01) F01D 5/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-7034887

(22) 출원일자(국제) 2013년05월10일

심사청구일자 2014년12월11일

(85) 번역문제출일자 2014년12월11일

(65) 공개번호 10-2015-0008486

(43) 공개일자 2015년01월22일

(86) 국제출원번호 PCT/US2013/040562

(87) 국제공개번호 WO 2013/170157

국제공개일자 2013년11월14일

(30) 우선권주장

13/658,866 2012년10월24일 미국(US)

61/645,800 2012년05월11일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US06024792 A\*

US04818562 A\*

US05622638 A\*

US20070138238 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

지멘스 에너지, 인코포레이티드

미국 플로리다주 올랜도 알라파야 트레일 4400 (우: 32826-2399)

(72) 발명자

부룩크, 제랄드, 제이.

미국 32766 플로리다 오비에도 페어헤이븐 코트 1325

(74) 대리인

특허법인 남앤드남, 이시용

전체 청구항 수 : 총 16 항

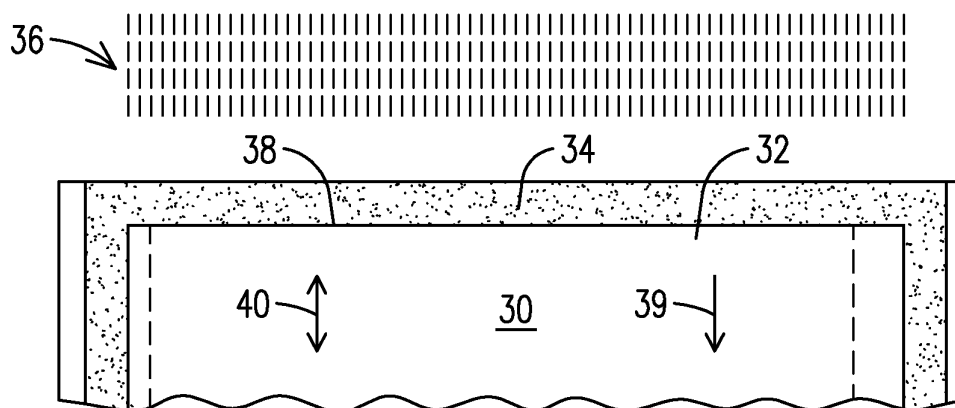
심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 방향성 응고 합금들의 수리

### (57) 요약

방향성 응고 컴포넌트(30)의 프로세스 표면(38) 상으로의 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법이 개시된다. 수리 재료의 입자들을 녹이고 동시에 전체 표면 상으로 수리 재료를 표장시키기 위해 레이저 에너지(36)가 표면을 가로질러 래스터링됨에 따라, 상기 컴포넌트가 유동층(34)에 포지셔닝(positioning)되어, 상기 프로세스 표면 위에서 상기 수리 재료의 입자들이 드리프팅된다. 재료가 표면에 부가될 때, 상기 컴포넌트는 상기 층에서 상기 컴포넌트의 알갱이 배향에 평행 방향으로 아래쪽으로(39) 움직여지고, 이로써 재결정 없이, 표면에 재료의 지속적 에피택셜 부가가 제공된다.

대표도 - 도3



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

방향성 응고 기판 재료(directionally solidified substrate material)의 표면에 수리 재료(repair material)의 에피택셜 부가(epitaxial additional)를 위한 방법으로서,

상기 기판 재료의 전체 프로세스 표면(entire process surface) 상으로 수리 재료의 입자들의 연속적인 서플라이(continuous supply)를 동원하는 단계;

상기 수리 재료를 에피택셜하게 상기 전체 프로세스 표면 상으로 동시에 녹이고 퓨징(fusing)시키기에 효과적인 방식으로, 퓨징된 입자들의 응고 프로세스 인터페이스(solidification process interface)가 상기 기판 재료의 결정(grain) 배향 방향에 평행 방향으로 진행되고, 개별적으로 응고되는 진행 경로들을 이용하여 상기 표면을 가로질러 증분적으로 재형성되지 않도록, 상기 전체 프로세스 표면을 가로질러 에너지(energy)를 적용하는 단계; 및

상기 수리 재료의 원하는 두께가 부가될 때까지, 상기 응고 프로세스 인터페이스에 상기 수리 재료의 연속적인 에피택셜 부가를 위해 수리 재료 입자들의 상기 연속적인 서플라이, 상기 에너지의 소스(source) 및 상기 기판 재료 사이에 상대 모션(relative motion)을 제공하는 단계

를 포함하고,

상기 수리 재료 입자들의 연속적인 서플라이를 동원하는 단계는, 상기 기판 재료를 상기 수리 재료 입자들의 유동층에 배치하는 단계를 포함하며,

상기 상대 모션을 제공하는 단계는, 상기 응고 프로세스 인터페이스가 진행됨에 따라, 상기 결정 배향 방향에 평행한 축을 따라서 상기 유동층에서 상기 기판 재료를 아래쪽으로 그리고 상기 에너지의 소스로부터 멀리 이동시키는 단계를 포함하는,

방향성 응고 기판 재료의 표면에 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 유동층에서 동원 유체로서 비활성 가스(inert gas)를 사용하는 단계

를 더 포함하는,

방향성 응고 기판 재료의 표면에 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 수리 재료 입자들의 연속적인 서플라이를 동원하는 단계는, 브로드캐스트 스프레이(broadcast spray)에 의해 상기 수리 재료 입자들을 적용하는 단계를 포함하는,

방향성 응고 기판 재료의 표면에 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 수리 재료 입자들의 연속적인 서플라이를 동원하는 단계는, 상기 기판 재료를 진동(vibrating)시키는 단계

를 포함하는,

방향성 응고 기관 재료의 표면에 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 수리 재료 입자들의 연속적인 서플라이를 동원하는 단계는, 상기 유동층을 진동시키는 단계를 포함하는,

방향성 응고 기관 재료의 표면에 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 에너지를 적용하는 단계는, 상기 전체 프로세스 표면을 가로질러 레이저 빔(laser beam)을 래스터링(rastering)하는 단계를 포함하는,

방향성 응고 기관 재료의 표면에 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 에너지를 적용하는 단계는, 상기 전체 프로세스 표면에 동시에, 옵틱(optic)들을 통해 레이저 에너지를 지향시키는 단계를 포함하는,

방향성 응고 기관 재료의 표면에 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 상대 모션을 제공하는 단계는, 상기 수리 재료의 입자들의 유동층에서 입자 표면에 대해 아래쪽으로 상기 기관 재료를 이동시키는 단계를 포함하는,

방향성 응고 기관 재료의 표면에 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 유동층에서 동원 유체로서 비활성 가스를 사용하는 단계

를 더 포함하는,

방향성 응고 기관 재료의 표면에 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서,

방향성 응고 초합금 재료로 형성된 가스 터빈 블레이드(gas turbine blade)의 스컬러 팁(squealer tip)에 재료를 부가하는데 사용되는,

방향성 응고 기관 재료의 표면에 수리 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 12

방향성 응고 가스 터빈 엔진 컴포넌트(directionally solidified gas turbine engine component)의 수리를 위한 방법으로서,

수리 재료 입자들의 유동층에 상기 컴포넌트를 배치하는 단계;

상기 컴포넌트의 수리 표면 상으로 상기 입자들을 동원하는 단계;

입자들을 에피택셜하게 전체 수리 표면 상으로 동시에 녹이고 퓨징시키기 위해, 퓨징된 입자들의 응고 프로세스 인터페이스가 상기 컴포넌트의 결정 배향 방향에 평행 축을 따라서 진행되고, 개별적으로 응고되는 진행 경로들을 이용하여 상기 표면을 가로질러 증분적으로 재형성되지 않도록, 상기 수리 표면을 가로질러 레이저 에너지를 래스터링하는 단계; 및

상기 컴포넌트의 마이크로구조(microstructure)를 에피택셜하게 연장시키기 위해, 상기 응고 프로세스 인터페이스가 진행됨에 따라, 상기 평행 축을 따라서 상기 유동층에서 상기 컴포넌트를 아래쪽으로 그리고 상기 레이저 에너지의 소스로부터 멀리 이동시키는 단계

를 포함하는,

방향성 응고 가스 터빈 엔진 컴포넌트의 수리를 위한 방법.

### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

가스 터빈 블레이드의 스켈러 팁을 수리하기 위해 적용되는,

방향성 응고 가스 터빈 엔진 컴포넌트의 수리를 위한 방법.

### 청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 유동층에서 동원 유체로서 비활성 가스를 사용하는 단계

를 더 포함하는,

방향성 응고 가스 터빈 엔진 컴포넌트의 수리를 위한 방법.

### 청구항 15

방향성 응고 기관의 표면에 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법으로서,

상기 기관의 프로세스 표면 위에 재료의 입자들을 동원하는 단계;

상기 재료를 에피택셜하게 전체 프로세스 표면 상으로 동시에 녹이고 퓨징시키기에 효과적인 방식으로, 퓨징된 입자들의 응고 프로세스 인터페이스가 상기 기관의 결정 배향 방향에 평행 방향으로 진행되고, 개별적으로 응고되는 진행 경로들을 이용하여 상기 표면을 가로질러 증분적으로 재형성되지 않도록 상기 전체 프로세스 표면을 가로질러 에너지를 적용하는 단계; 및

상기 재료의 원하는 두께가 부가될 때까지, 상기 기관에 상기 재료의 연속적인 에피택셜 부가를 위해 상기 에너지의 소스 및 재료의 입자들에 대한 상기 기관의 포지션(position)을 유지시키는 단계

를 포함하고,

상기 재료의 입자들을 동원하는 단계는, 상기 프로세스 표면 상으로 상기 입자들을 드리프팅(drifting)시키기 위해 유동층에서 상기 재료의 입자들을 동원하는 단계를 포함하며,

상기 기관의 포지션(position)을 유지시키는 단계는, 상기 유동층에서 상기 입자들의 표면에 대해 상기 프로세스 표면의 포지션을 유지시키기 위해, 상기 재료가 상기 기관에 부가됨에 따라, 상기 결정 배향 방향에 평행한 축을 따라서 상기 유동층에서 상기 기관을 아래쪽으로 그리고 상기 에너지의 소스로부터 멀리 이동시키는 단계를 포함하는,

방향성 응고 기관의 표면에 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

### 청구항 16

삭제

### 청구항 17

삭제

#### 청구항 18

제 15 항에 있어서,

연속적인 방식으로 상기 프로세스 표면을 가로질러 레이저 빔을 레스터링함으로써, 상기 에너지를 적용하는 단계

를 더 포함하는,

방향성 응고 기관의 표면에 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

#### 청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 유동층에서 동원 유체로서 비활성 가스를 사용하는 단계

를 더 포함하는,

방향성 응고 기관의 표면에 재료의 에피택셜 부가를 위한 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

본 출원은 2012년 5월 11일 출원일의 미국 가 특허 출원 번호 61/645,800를 우선권으로 청구한다.

본 발명은 일반적으로 재료들 분야에 관한 것이고, 더욱 구체적으로는, 방향성 응고 합금들의 수리에 관한 것이다.

#### 배경 기술

가스 터빈 엔진(gas turbine engine)들과 같은 고온, 고 스트레스(stress) 머신 애플리케이션(machine application)들은 니켈(nickel) 및 코발트(cobalt) 기반 초합금들의 개발을 요구했다. 그러한 합금들로 형성된 컴포넌트들은, 등방성이 되도록(랜덤 다결정체 구조(random polycrystalline structure)), 또는 주상 결정되도록(주요 스트레스 축에 평행하게 형성된 결정 알갱이들), 또는 단일 결정이 되도록(알갱이 경계들이 없음) 캐스팅(casting)될 수 있다. 주상 결정 및 단일 결정 구조들(columnar grained and single crystal structures)은 캐스팅 프로세스 동안 방향성 응고 용해 합금 재료(directionally solidifying molten alloy material)에 의해 형성되고, 그러한 구조들은 특정 애플리케이션들에 대해 성능 이득들을 제공할 수 있다.

비용을 감소시키기 위하여, 방향성 응고 초합금 컴포넌트를 교체하는 것보다는 상기 방향성 응고 초합금 컴포넌트를 수리하는 것이 원해진다. 그러나, 그러한 재료들의 수리는 어려운데, 그 이유는 수리 프로세스(repair process)가 기저 결정 구조의 방향성을 파괴시켜, 이로써 컴포넌트가 약화될 수 있기 때문이다.

미국 특허 US 8,141,769는 방향성 응고 재료들에 대한 수리 프로세스를 개시하고, 여기서 기저 기관 재료의 결정 구조를 변경시키지 않도록 충분히 낮은 온도에서 땀납이 수리 구역에 적용되고, 그리고 땀납 재료에서 방향성 응고 결정 구조를 생성하기 위해 온도 구배가 유도된다. 이러한 프로세스가 기저 결정 구조를 보존하는 반면에, 상기 프로세스는 1-1,000 $\mu$ m의 폭을 갖는 국부적 수리들로 제한된다. 또한, 땀납에서 낮은 녹는 온도 구성성분에 대한 필요는, 수리를 위해 사용될 수 있는 재료들의 선택을 제한한다.

미국 특허 US 7,784,668는, 녹여지고 그리고 방향성 응고 기관 상으로 응고되도록 허용되어, 이로써 우선적으로 시딩(seeding)되고 그리고 기관 재료 결정들과 함께 배향되는 수리 재료의 프리폼(preform) 형상의 사용을 개시한다. 그러나, 프리폼 형상의 두께는, 용해된 첨가제 재료의 제한된 표면 장력 및 유동성으로 인해 제한되어야 한다. 더 두꺼운 수리들은, 반복적인 중복 단계들의 시리즈로 다수의 프리폼 형상들을 순차적으로 적용함으로써 달성되어야 하거나, 또는 다른 방식으로, 컨테이너(container) 또는 몰드(mold)가 수리 재료를 그 용해된 상태로 지지하기 위해 제공되어야 한다.

가스 터빈 엔진들의 초합금 에어포일(airfoil)들은, 용접 또는 클래딩 프로세스(cladding process)를 이용하여 에어포일 기관 표면 상으로 수리 재료의 층들을 증분적으로 증착시킴으로써 가장 흔히 수리된다. 수리 재료는 기관 재료와 매칭(matching)되도록 또는 유사한 고온 특성들을 갖도록 선택된다. 그러한 클래딩 수리들은, 필러 재료(filler material)로서 와이어(wire)를 사용하는 가스 텅스텐 아크 용접(GTAW:gas tungsten arc welding)으로, 또는 더 낮은 열 애플리케이션들에 대해, 필러 재료로서 파우더 재료(powder material)를 보통 사용하는 레이저 빔 용접(LBW:laser beam welding) 또는 마이크로플라즈마 아크 용접(PAW:microplasma arc welding)으로 달성될 수 있다. 기관의 사전용접 열 처리 컨디셔닝(reweld heat treat conditioning), 기관의 고온 예열, 그리고 열간 정수압 프레스링(hot isostatic pressing)(HIPing)과 같은 용접 후 열 처리들을 포함하는, 이러한 기술의 많은 변형들이 개발되었다. 그러나, 그러한 용접 프로세스들은 기저 기관의 마이크로 구조를 복제하는데 실패하고, 따라서 그러한 용접 프로세스들은 본래 컴포넌트에서 달성되는 재료들 특성들과 동일한 재료들 특성들을 생성할 수 없다.

## 도면의 간단한 설명

본 발명은 다음을 도시하는 도면들을 고려하여 다음의 설명에서 설명된다.

도 1은 종래 기술 계층화 프로세스를 이용하여 수리된 방향성 응고 컴포넌트의 표면의 현미경 사진이다.

도 2는 종래 기술 계층화 수리 프로세스 동안 표면의 녹은 풀 구역(melt pool region)의 개략적인 예시이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따라 수리 프로세스를 겪는 가스 터빈 블레이드(gas turbine blade)의 개략적인 예시이다.

도 4는 도 3의 블레이드의 평면도이다.

도 5는 이동 속도 및 전력 밀도의 함수로서 녹는 기관을 나타내는 데이터(data)의 플롯(plot)이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

도 1은 방향성 응고 기관 재료(14)의 표면(12) 위에 증착된 다층 클래드 구역(10)을 나타내는, 통상적인 종래 기술 용접된 클래딩 수리의 결과를 예시하는 현미경 사진이다. 클래드 구역(10)의 최저 일부분(16)에서, 기관 결정(grain)들의 방향성 응고 연장부(directionally solidified extension)들이 도면에서 검은 선들로 강조된다. 그러나, 그러한 결정들은 클래딩의 몇몇의 층들 뒤에 끝나고, 그리고 클래드 구역(10)의 최상 일부분(18)으로 덮이며, 여기서 재결정이 발생했고 그리고 결정들은 더 이상 방향성 응고되지 않는다. 본 발명자는, 이것이 클래드 계층화 프로세스 동안에 달성된 프로세스 응고의 국부적 방향의 결과임을 인지했다. 도 2는 이것이 어떻게 발생하는지를 설명하는 개략적인 예시이다.

도 2는 방향성 응고 기관(24)의 표면(22)을 따라 진행중인 클래드 재료의 녹은 풀(20)의 프로파일(profile) 도면을 도시한다. 기관(24)의 결정들은 기관 결정 축(26)을 따라서 일반적으로 표면(22)에 수직 방향으로 연장된다. 그러나, 녹은 풀(20)의 움직임으로 인해(도 2의 예시에서, 좌에서 우로), 풀 재료의 응고는 실제, 응고 축(28)을 따라서 기관 결정들의 방향으로부터 약간의 각도(A)로 기울어진 방향으로 발생한다. 응고 축 방향(28)이 기관 결정 축(26)에 대해 과도하게 기울어지지 않으면, 기관 결정들은 클래드 재료로 에피택셜하게(epitaxially)(동일한 결정학적 배향으로) 연장될 것이다. 그러한 층들 중 제1 층 그리고 종종 제2 층은, 도 1에 예시되는 바와 같이, 기관 결정들을 짧은 거리로 진전시킬 수 있다. 그러나, 후속 층들의 반복된 프로세싱은 필연적으로, 더욱 바람직한 결정 성장 방향들에 부딪칠 것인데, 그 이유는 응고가 기저 마이크로구조에 대해 비스듬히 계속되고 그리고 다른 결정 배향들이 응고 방향(28)에 대해 더욱 유리하게 배향되기 때문이다. 결과는, 도 1의 클래드 구역(10)의 최상 일부분(18)에 도시된 바와 같이, 방향성 응고 또는 단일 결정 마이크로구조가 더 이상 진전되지 않고, 재결정이 제자리에서 뒤따르는 것이다. 상표명들 MAR-M-247 또는 CM 247 하에서 팔리는 니켈 합금과 같이, 균열에 매우 민감한 합금들에 대해, 마이크로구조에서의 그러한 변화들과 함께 증착 균열이 개시된다. 이것은 발생하기 쉬운데, 그 이유는 그러한 복잡한 마이크로구조들에서의 침전들이 새롭게 배향된 결정 경계들을 잡아당기고 따라서 마이크로균열들을 개시시키기 때문이다.

방향성 응고 기관 재료 위에 증착된 다층 클래딩에서 재결정의 원인을 인지함으로써, 본 발명자는 방향성 응고 캐스트 재료들의 수리를 위한 개선된 프로세스를 혁신적으로 개발했다. 개선된 프로세스는, 기저 기관의 방향성 응고 마이크로구조를 보존시키고, 그 방향 마이크로구조를 수리 재료로 연장시키고, 그리고 방향성 응고 수리 재료의 필연적으로 무제한 두께가 부가되도록 허용함으로써, 종래 기술 프로세스들의 제한들을 극복한다.

도 3은 본 발명의 일 실시예의 개략적인 예시이고, 여기서 정면도로 볼 때 방향성 응고(단일 결정 또는 주상 결정) 가스 터빈 블레이드(30)는, 자신의 스컬러 팁(squealer tip)(32)을 수리하기 위해 재료 첨가제 프로세스들을 겪고 있다. 기술분야에서 용어 "스컬러 팁"은, 도 4에서 볼 수 있는 바와 같이, 블레이드(30)의 주변 에지(peripheral edge)들을 따르는 블레이드 재료의 연장부를 설명하는데 사용되고, 도 4는, 도 3의 다른 구조들이 숨겨진 채로, 스컬러 팁(32)의 위치 및 기하구조를 나타내는 블레이드(30)의 평면도이다. 스컬러 팁은 가스 터빈 엔진의 동작 동안 블레이드를 둘러싸는 보호판(shroud)과 간헐적으로 접촉할 때 닳도록 설계된다. 스컬러 팁의 수리는 일반적으로, 닳은 재료를 제거하는 것, 그런 다음 재료 첨가제 프로세스를 이용하여 새로운 팁을 형성하는 것을 수반한다. 도 3에 예시된 본 발명의 실시예에서, 블레이드(30)는 수리 재료 파우더의 유동층(34)에 잠긴다. 연속적인 레이저 캐스팅 프로세스에서 파우더를 녹이고 상기 파우더를 기저 블레이드 표면(38)에 퓨징(fusing)시키기 위해 레이저 에너지(laser energy)(36)가 전체 프로세스 영역을 가로질러 적용되는 동안, 유동층(34)은 상단 프로세스 표면 상으로 파우더를 드리프팅(drifting)시키기 위해 스컬러 팁(32)의 전체 상단 표면 프로세스 영역 상으로 파우더를 동원한다. 이러한 실시예에서, 파우더의 레벨(level)이 필연적으로 일정하게 유지되도록 파우더가 프로세스에서 소모되고 있는 레이트(rate)와 동일한 레이트로 파우더가 유동층(34)에 피딩(feeding)된다. 스컬러 팁(32)이 위쪽으로 성장함에 따라, 블레이드(30)는 (화살표(39)로 표시된 바와 같이) 아래쪽으로 그리고 레이저 에너지(36)의 소스(source)로부터 멀리 움직여지고, 그래서 액티브 프로세스 표면(active process surface)이 대략 수직으로 정지된 채로 유지되고 프로세스 평면 위의 파우더 드리프트(powder drift)가 일정하다. 따라서, 스컬러 팁(32)이 적용됨에 따라 연속적인 방식으로 파우더는 녹고 퓨징된다. 전체 프로세싱 표면(즉, 도 4에서 보이는 바와 같이 스컬러 팁(32)의 전체 상단 표면 영역)을 가열시키기 위해 필요한 대로 이차원으로 레이저 빔을 신속하게 스캐닝(scanning) 또는 래스터링(rastering)함으로써, 레이저 에너지(36)가 적용될 수 있다. 그렇게 함으로써, 그리고 본래 캐스팅 응고의 축(40)에 평행 방향(39)(블레이드 기관 결정 방향)으로 블레이드(30)를 움직임으로써, 열 전도 및 응고가 재결정 없이 기관 마이크로구조를 단축으로 그리고 에피택셜하게 연장시키기에 효과적이다. 유동층(34)에서 동원 유체로서 아르곤(argon)과 같은 비활성 가스를 사용함으로써, 블레이드(30) 및 녹은 표면(38)이 또한, 산화 및 질화와 같은 원하지 않는 대기 반응들로부터 보호된다. 전체 프로세스 인터페이스(entire process interface)는 정확하게 본래 캐스트 방향으로 녹음 및 응고의 연속적인 조건 하에 동시에 있고, 그리고 기관 결정 배향에 비스듬히 개별적으로 응고되는 진행 패스(pass)들을 이용하여 자신의 표면을 가로질러 증분적으로 재형성되고 있지 않으며, 이로써 임의의 원하는 두께로 기관 마이크로구조의 복제 및 연장이 가능하게 된다.

도 3에 예시된 연속적인 레이저 캐스팅을 달성하기 위해 상당한 레벨들의 레이저 전력이 요구된다. 도 4는 이동 속도 및 레이저 전력 밀도의 함수로서 노출된 스틸 기판(bare steel substrate) 상에 달성된 표면 녹음의 플롯이다. 더 낮은 이동 속도들에 대해 추론하는 것은, 약  $1\text{kW}/\text{cm}^2$ 의 레이저 전력 밀도가, 위에서 설명된 단축 레이저 캐스팅 프로세스를 표현하는 필연적으로 0 이동 속도로 녹음을 생성해야 함을 제안한다. 파우더 첨가를 이용하여, 표면 반사로부터의 에너지 손실이 도 5의 결과들로부터 감소될 것인데, 그 이유는 파우더가 레이저 광에 대한 효과적인 트랩(trap)으로서 동작하는 것으로 알려져 있기 때문이다. 레이저 빔의 커플링(coupling)이 더욱 효율적일 것이기 때문에, 파우더의 녹음 및 기관으로의 퓨전(fusion)은 아마도  $0.6\text{kW}/\text{cm}^2$ 만큼 낮은 전력 밀도들에서 예상될 수 있다. 기판이 예열되면, 아마도  $0.4\text{kW}/\text{cm}^2$ 만큼 낮은, 훨씬 더 낮은 전력 밀도들이 녹음을 지속시키는 것으로 예상될 수 있다. 그 전력 밀도에서는, 상업적으로 이용가능한  $8\text{kW}$  레이저 전력원이  $20\text{cm}^2$ 의 수리 면적을 프로세싱하는데 사용될 수 있다. 그 크기는 통상적인 가스 터빈 블레이드 플랫폼 수리(gas turbine blade platform repair)의 크기와 비교할 때 크고, 그리고 통상적인 가스 터빈 블레이드 스컬러 팁(32)의 상단 표면 면적과 대략 동일하다. 훨씬 더 높은 전력 능력들을 갖는 레이저들이 이미 알려져 있는데; 예컨대, Edison Welding Institute가 페인트 스트리핑 애플리케이션(paint stripping application)에 대해 최대  $10\text{kW}$ 의 전력 레벨들로 광섬유 레이저(fiber laser)를 이용하는 다각형 광학 스캐너의 사용을 증명했다. 고 전력 다이오드(diode) 또는  $\text{CO}_2$  레이저들은 래스터링되는 광섬유 레이저 빔 대신에 집적된 또는 스캐닝된 옵틱(optic)들과 함께 사용될 수 있고, 이때 레이저 에너지에 노출되는 프로세스 영역의 형상은 옵틱들에 의해 제어되고 그리고/또는 전체 프로세스 영역을 레이저 에너지에 동시에 노출시키기 위한 마스크(mask)들에 의해 제어된다.

유리하게, 본 발명은, 재결정 및 균열을 방지하면서, 무제한 깊이로, 어떠한 수리 영역 형상에 대해서도 초합금 재료들의 방향성 응고 마이크로구조들의 에피택셜 연장을 제공한다. 또한, 본 발명은, 패스간 온도 제한들 및 패스간 클리닝(cleaning) 우려들을 방지하면서, 다수의 패스 프로세스들보다 더 적은 시간을 요구한다. 수리되고 있는 부품의 복잡한 조각이 요구되지 않는데, 그 이유는 레이저 빔 래스터링이 프로세스 표면 위에서 전력을



분산시키고 그리고 요구되는 유일한 다른 모션(motion)은 레이저 빔에 대한 수직 부품 변위이기 때문이다.

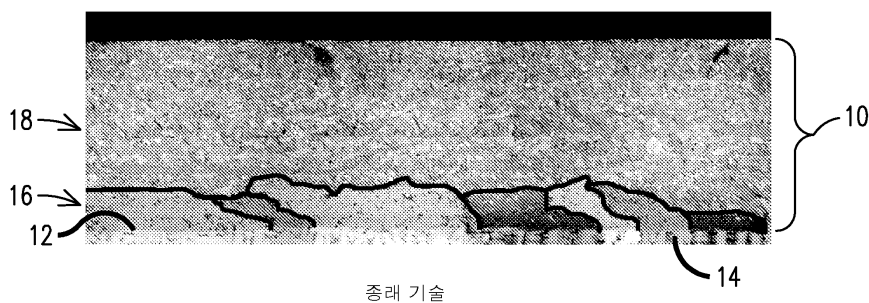
본 발명을 구현시키기 위한 장치는, 기관(30)의 프로세스 표면 위에 재료(34)의 입자들을 동원하기 위한 수단; 재료를 에피택셜하게 전체 프로세스 표면 상으로 동시에 녹이고 퓨징시키기에 효과적인 방식으로, 전체 프로세스 표면을 가로질러 에너지(36)를 적용하기 위한 수단; 및 재료의 원하는 두께가 부가될 때까지, 기관에 재료의 연속적인 에피택셜 부가를 위한 조건들을 유지시키기에 효과적이게 재료의 입자들을 동원하기 위한 수단과 기관 사이에 상대 모션(39)을 제공하기 위한 수단을 포함할 수 있다. 기관의 프로세스 표면 위에 재료의 입자들을 동원하기 위한 수단은, 기관 재료를 수리 재료 입자들의 층에 배치하기 위한 수단 및 상기 층을 진동시키기(vibrating) 위한 수단을 포함할 수 있다. 상대 모션을 제공하기 위한 수단은, 모터 구동 플랫폼일 수 있거나, 또는 픽스처링(fixturing)의 기술분야의 당업자에게 알려져 있는 바와 같은 다른 기계적 디바이스(device)일 수 있다. 상대 모션을 제공하기 위한 수단은, 예를 들면, 기관 재료를 진동시키기 위한 수단일 수 있다.

본 발명의 다양한 실시예들이 본원에서 도시 및 설명되었지만, 그러한 실시예들이 예로서만 제공됨이 명백할 것이다. 본원에서 본 발명으로부터 벗어남 없이, 많은 변형들, 변경들 및 치환들이 이루어질 수 있다. 예컨대, 파우더는 유동층 이외의 수단에 의해, 예컨대 입자들을 홀딩(holding)하는 컨테이너 또는 기관을 오실레이팅(oscillating)하는 셰이커 시스템(shaker system)에 의해, 입자들을 동원하기 위해 음향, 전기 또는 자기 에너지를 적용함으로써, 브로드캐스트 스프레이 시스템(broadcast spray system) 등등의 사용에 의해, 프로세스 표면 상으로 움직이도록 동원될 수 있다. 부품은, 기술분야에 알려진 임의의 다양한 프로세스들에 의한 재료 첨가제 프로세스 이전에 또는 이후에 컨디셔닝 또는 가열될 수 있다. 부품의 본래 캐스팅 동안에 본래 경험되는 열 조건들을 더욱 근접하게 시뮬레이팅(simulating)하기 위해 부품은 그 면들이 절연될 수 있다. 다양한 애플리케이션들에서, 입자 움직임 및 프로세스 결과들을 최적화하기 위해, 다양한 파우더 메쉬 범위(powder mesh range)들이 사용될 수 있다. 파우더 재료 및/또는 메쉬 범위는 일정하게 홀딩될 수 있거나 또는 수리 진행들에 따라 가변될 수 있다. 정지된 레이저 에너지 소스를 이용하여 정지된 유동층에서 부품을 아래쪽으로 움직이는 것보다는, 결정 배향의 방향에 수직이고 그리고 결정 배향의 방향에 평행하게 움직이고 있는 응고 표면에 대해 연속적인 녹음/퓨징 조건들을 유지시키기 위해, 입자 서플라이(particle supply), 부품 및 에너지 소스의 임의의 결합은 서로에 대해 움직여질 수 있다. 마지막으로, 에너지 소스가 전체 프로세스 영역 위에서 파우더를 연속적으로 가열하고 녹일 수 있는 한, 레이저 에너지 이외의 에너지, 예컨대 전자기 또는 음향 에너지가 사용될 수 있다.

따라서, 본 발명이 첨부된 청구항들의 사상 및 범위에 의해서만 제한됨이 의도된다.

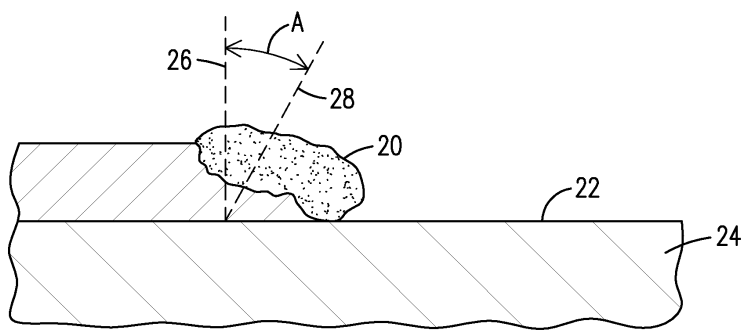
## 도면

### 도면1

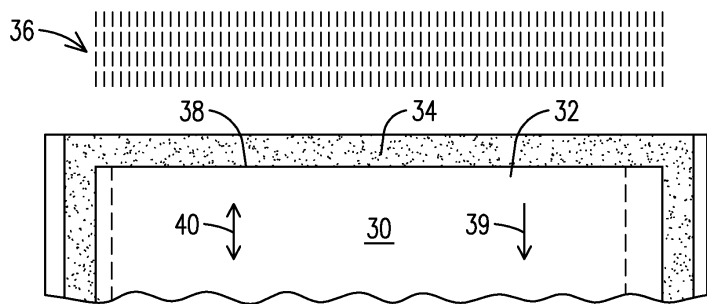




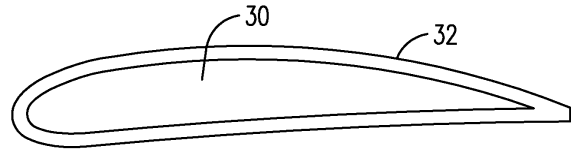
도면2



도면3



도면4



도면5

