(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월31일
(11) 등록번호 10-1872503
(24) 등록일자 2018년06월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 15/00 (2006.01) *B23K 26/342* (2014.01)
B23P 6/00 (2006.01) *F01D 5/00* (2006.01)
F01D 5/18 (2006.01) *B23K 101/00* (2006.01)
B23K 103/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 15/0086 (2013.01)
B23K 15/0093 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7007027
(22) 출원일자(국제) 2015년07월22일
심사청구일자 2017년03월16일
(85) 번역문제출일자 2017년03월14일
(65) 공개번호 10-2017-0037668
(43) 공개일자 2017년04월04일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/041441
(87) 국제공개번호 WO 2016/025133
국제공개일자 2016년02월18일
(30) 우선권주장
14/460,633 2014년08월15일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20090246031 A1*
JP2003201859 A*
US05438441 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
지멘스 에너지, 인코포레이티드
미국 플로리다주 올랜도 알라파야 트레일 4400 (우: 32826-2399)
(72) 발명자
브룩, 제랄드 제이.
미국 29579 사우스 캐롤라이나 미르틀 비치 카센티노 코트 5168
카멜, 아메드
미국 32828 플로리다 올랜도 기아나 플럼 드라이브 2439
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 박환수

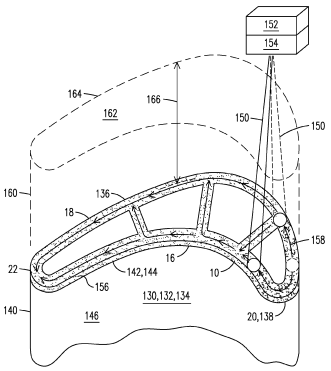
(54) 발명의 명칭 **가스 터빈 엔진 컴포넌트를 형성하기 위한 방법**

(57) 요 약

기판(130) 상에 분말 재료(156)의 층을 제공하는 단계; 및 클래딩 층(10)을 형성하기 위해, 분말 재료의 층을 가로질러 에너지 빔(15)을 횡단시키는 단계를 포함하는 방법이 제공되며, 클래딩 층은 에어포일의 층을 형성한다. 횡단시키는 단계는, 공통 개시 지점(48)으로부터 에너지 빔의 제1 경로(40) 및 제2 경로(44)의 횡단을 시작하는

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



단계; 제1 경로를 따라 에너지 빔을 횡단시킴으로써 클래딩 층의 제1 측벽(18)의 부분(60) 및 제1 리브 섹션(24)을 형성하면서 동시에 제2 경로를 따라 에너지 빔을 횡단시킴으로써 클래딩 층의 제2 측벽(16)의 부분(62)을 형성하는 단계; 및 클래딩 층의 각각의 리브 섹션(24, 26, 28)에 대해 한 개 이하의 개시 지점(72, 96, 118)을 생성하는 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류
B23K 26/342 (2015.10)
B23P 6/007 (2013.01)
F01D 5/005 (2013.01)
F01D 5/187 (2013.01)
B23K 2201/001 (2013.01)
B23K 2203/26 (2015.10)
F05D 2230/233 (2013.01)
F05D 2230/31 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

방법으로서,

기판 상에 분말 재료의 층을 제공하는 단계; 및

클래딩(cladding) 층을 형성하기 위해, 상기 분말 재료의 층을 가로질러 에너지 빔(energy beam)을 횡단(traversing)시키는 단계

를 포함하며,

상기 클래딩 층은 에어포일(airfoil)의 층을 형성하며,

상기 횡단시키는 단계는,

공통 개시 지점으로부터 상기 에너지 빔의 제1 경로 및 제2 경로의 횡단(traversal)을 시작하는 단계;

상기 제1 경로를 따라 상기 에너지 빔을 횡단시킴으로써 상기 클래딩 층의 제1 측벽의 부분 및 제1 리브 섹션(rib section)을 형성하면서 동시에 상기 제2 경로를 따라 상기 에너지 빔을 횡단시킴으로써 상기 클래딩 층의 제2 측벽의 부분을 형성하는 단계; 및

상기 클래딩 층의 리브 섹션들의 수량과 동일하거나 더 적은 개수의 개시 지점을 생성하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은,

기존 컴포넌트(component)로부터 에어포일의 적어도 일부를 제거하여, 상기 기판을 형성하는 단계;

적어도 상기 제1 측벽으로부터 상기 제2 측벽으로 이어지도록 상기 에너지 빔을 확대하고, 상기 제1 리브 섹션의 짧은 치수를 따라 상기 에너지 빔을 횡단시킴으로써, 상기 제1 경로의 일부로서 상기 제1 리브 섹션을 형성하는 단계; 및

상기 제1 리브 섹션에 인접한 상기 제1 측벽 상에서 상기 에너지 빔의 제3 경로의 횡단을 시작하는 단계

를 더 포함하는,

방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 블레이드 플랫폼(blade platform)을 포함하며,

상기 방법은,

제1 클래딩 층을 상기 블레이드 플랫폼 상에 증착시키는 단계

를 더 포함하는,

방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

방법으로서,

기판 상에 분말 재료의 층을 제공하는 단계; 및

클래딩 층을 형성하기 위해, 상기 분말 재료의 층을 가로질러 에너지 빔을 횡단시키는 단계

를 포함하며,

상기 클래딩 층은 에어포일의 층을 형성하며,

상기 횡단시키는 단계는,

공통 개시 지점으로부터 상기 에너지 빔의 제1 경로 및 제2 경로의 횡단을 시작하는 단계;

상기 제1 경로를 따라 상기 에너지 빔을 횡단시킴으로써 상기 클래딩 층의 제1 측벽의 부분 및 제1 리브 섹션을 형성하면서 동시에 상기 제2 경로를 따라 상기 에너지 빔을 횡단시킴으로써 상기 클래딩 층의 제2 측벽의 부분을 형성하는 단계; 및

상기 클래딩 층의 리브 섹션들의 수량과 동일하거나 더 적은 개수의 개시 지점을 생성하는 단계

를 포함하고,

상기 방법은,

기존 컴포넌트로부터 에어포일의 적어도 일부를 제거하여, 상기 기판을 형성하는 단계;

상기 제1 측벽으로부터 상기 제2 측벽으로 상기 에너지 빔을 횡단시킴으로써, 상기 제1 경로의 일부로서 상기 제1 리브 섹션을 형성하는 단계;

상기 제1 리브 섹션과 상기 제2 측벽의 정션에서, 상기 제1 경로와 상기 제2 경로를 합치는 단계; 및

상기 제1 리브 섹션에 인접한 상기 제1 측벽 상에서 상기 에너지 빔의 제3 경로의 횡단을 시작하는 단계

를 더 포함하는,

방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

인접한 제1 경로 재료가 용융될 때 상기 제3 경로의 횡단을 시작하여, 제3 경로 개시 지점에서의 리멜트(remelt)를 방지하는 단계

를 더 포함하는,

방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 제2 측벽을 더 많이, 그리고 그후에 제2 리브 섹션을 형성하기 위해, 상기 제1 리브 섹션과 상기 제2 측벽의 상기 정션에서, 상기 에너지 빔의 제4 경로의 횡단을 시작하는 단계 －상기 제2 리브 섹션은, 상기 제2 측벽으로부터 상기 제1 측벽으로 상기 에너지 빔을 횡단시킴으로써 형성됨－;

상기 제3 경로를 이용하여 상기 제1 측벽을 더 많이 형성하고, 그후에, 상기 제2 리브 섹션과 상기 제1 측벽의 정션에서, 상기 제3 경로를 상기 제4 경로와 합치는 단계; 및

상기 제2 리브 섹션에 인접한 상기 제2 측벽 상에서 상기 에너지 빔의 제6 경로의 횡단을 시작하는 단계

를 더 포함하는,

방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

인접한 제4 경로 재료가 용융될 때 상기 제6 경로의 횡단을 시작하여, 제6 경로 개시 지점에서의 리멜트를 방지하는 단계

를 더 포함하는,

방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 제1 리브 섹션과 상기 제2 측벽의 상기 정션에서 상기 클래딩 층의 리멜트를 방지하기에 효과적인 방식으로, 상기 제4 경로를 개시하는 단계

를 더 포함하는,

방법.

청구항 10

제 1 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 공통 개시 지점에서 상기 클래딩 층의 리멜트를 방지하기에 효과적인 방식으로, 상기 제1 경로 및 상기 제2 경로를 개시하는 단계; 및

상기 제1 경로와 상기 제2 경로의 정션에서 상기 클래딩 층의 리멜트를 방지하기에 효과적인 방식으로, 상기 제1 경로와 상기 제2 경로의 정션에서 상기 제1 경로 및 상기 제2 경로를 종료하는 단계

를 더 포함하는,

방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 에너지 빔(energy beam) 및 제어 옵틱스(optics)를 사용하여 클래딩(cladding) 층들을 증착함으로써 에어포일(airfoil)을 형성하는 것에 관한 것이다. 특히, 본 발명은, 각각의 클래딩 층을 형성하면서 에너지가 횡단하게(traverse) 되는 경로들의 패턴(pattern)에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 가스 터빈 엔진(gas turbine engine)들의 터빈 섹션(section)에서 사용되는 블레이드(blade)들은 연소 가스들, 높은 기계력, 및 외부 물체 충돌에 노출된다. 이는, 높은 동작 온도와 커플링되어(coupled), 블레이드에서 높은 레벨(level)들의 응력을 초래한다. 마모 및 균열들의 영역들을 비롯해, 블레이드 팁 셸프(tip shelf)들(에어포일의 엔드 피스(end piece)) 및 블레이드 스퀼러(squealer)들(블레이드 팁을 둘러싼 융기된 재료)을 포함하는 블레이드 팁들, 블레이드 에어포일 섹션들, 및 블레이드 플랫폼(platform)이 응력 관련 손상들에 특히 민감하다. 이들 균열들은 에어포일의 팁으로부터 플랫폼을 향하여 아래로 연장될 수 있는데, 때때로 블레이드 팁에 인접한 블레이드 셸프(팁 캡(cap)으로서 또한 알려짐)를 지나서 연장된다.

[0003] 마모된 또는 균열된 블레이드 스퀼러들을 비구조적인 교체 재료로 교체하는 것이 알려져 있다. 이 교체 재료는 주로 비구조적인 것으로 간주되는데, 그 이유는 이 위치에서 응력들이 비교적 낮고, 그 결과, 손상의 결과들이 성능 면에서 비교적 최소이기 때문이다. 불행하게, 에어포일 바디(body) 안으로 연장되는, 팁 셸프 아래에서 (플랫폼을 향하여) 균열(cracking)이 매우 자주 발견된다. 예컨대, 균열들은 블레이드 팁 아래로 30 ㎜ 연장될 수 있다. (스퀼러 아래의) 이 재료의 교체는 더욱 어렵고, 더욱 구조적인 요건을 갖는 것으로 간주되어야 하며, 여기서 에어포일 바디에서 맞닥뜨리는 더 큰 응력들을 견디기 위하여, 특정 최소 기계적 특성들이 달성되어야 한다.

[0004] 용접하기가 가장 어려운 초합금들의 경우, 터빈 블레이드의 그러한 광범위한 부분들을 교체하기 위한 어떠한 알려진 공정도 없다. 공정 동안에 재료 연성을 최대화시키기 위해 핫 박스(hot box)를 사용하여 균열들을 연마하고 재용접하는 것은 제한된 성공을 이루었다. 적어도 두 개의 이유들로, 전체 부실 블레이드 팁을 잘라 내는 것 그리고 용접하는 것은 가능하지 않다. 첫째, 재료 자체가 맞대기 용접을 수용하지 않는다. 재료는 수축 응력들 및 높은 구속으로 인해 균열될 것이다. 둘째, 맞대기 용접의 경우, 에어포일 내에 배치된 리브(rib)들(구조적 기능 및 냉각 공기 관리를 제공함)에 액세스(access)할 수 없다. 결과적으로, 기술분야에서는, 블레이드 에어포일들을 형성 및/또는 보수하는 개선된 방법들에 대한 여지가 있다.

도면의 간단한 설명

[0005] 본 발명은 아래의 설명에서, 다음과 같은 것을 도시하는 도면들을 고려하여 설명된다.

도 1은 클래딩(cladding) 층의 예시적 실시예를 형성할 때 경로들 및 그를 따라 이어지는 에너지 빔(energy beam)의 예시적 실시예를 개략적으로 도시하며, 여기서 이 경로들은 클래딩 층 상에 중첩된다.

도 2는 형성 공정의 시작을 위하여, 기판 상에 형성되는 도 1의 클래딩 층의 개략적인 투시도이다.

도 3은 대안적 기판 상의 도 1의 클래딩 층의 개략적인 측면도이다.

도 4-도 5는 클래딩 층을 형성할 때 패턴(pattern)들 및 그를 따라 이어지는 에너지 빔의 예시적 실시예들을 개략적으로 도시하며, 여기서 이 패턴들은 클래딩 층 상에 중첩된다.

도 6-도 7은 블레이드 팁의 예시적 실시예들을 형성하면서, 패턴들 및 그를 따라 이어지는 에너지 빔의 예시적

실시예들을 개략적으로 도시한다.

도 8은 클래딩(cladding) 층의 대안적인 예시적 실시예를 형성할 때 경로들 및 그를 따라 이어지는 에너지 빔(energy beam)의 예시적 실시예를 개략적으로 도시하며, 여기서 이 경로들은 클래딩 층 상에 중첩된다.

도 9는 클래딩(cladding) 층의 대안적인 예시적 실시예를 형성할 때 경로들 및 그를 따라 이어지는 에너지 빔(energy beam)의 예시적 실시예를 개략적으로 도시하며, 여기서 이 경로들은 클래딩 층 상에 중첩된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0006] 본 발명자들은, 스캐닝(scanning) 옵틱스를 사용하여 기판 상에 클래딩의 층들을 증착함으로써, 내부 리브들에 의해 구조적으로 지지되는 에어포일 스킨(skin)을 갖는 가스 터빈 컴포넌트(component), 이를테면, 터빈 블레이드의 에어포일 섹션을 형성하는 방법을 창안했다. 스캐닝 옵틱스는 기판 상에 배치된 분말 재료의 층에서 두 개의 멜트 풀(melt pool)들을 생성하며, 각각의 클래딩 층을 형성하기 위해, 이 두 개의 멜트 풀들은 상이한 경로들을 따라 동시에 이동한다. 각각의 클래딩 층은 에어포일의 층을 형성하며, 측면 섹션(side section)들 및 적어도 하나의 리브 섹션을 포함한다. 블레이드의 뒤틀림을 방지하기 위해, 각각의 멜트 풀이 클래딩 층의 상이한 측(side)을 형성한다. 멜트 풀들 중 하나의 멜트 풀이 각각의 리브 섹션을 형성하며, 각각의 리브 섹션의 경우, 많아야 하나의 경로 시작이 있다. 특징들의 이 결합은, 새로운 에어포일 섹션들의 형성 및 기존 에어포일 섹션들의 보수를 이전에는 가능하지 않았던 방식으로 가능하게 한다.

[0007] 기판이 초합금인 예시적 실시예에서, 분말 재료는, Bruck 등의 미국 특허 공개 번호 2013/0140278에서 설명되고 그 전체가 인용에 의해 본원에 통합되는 초합금 금속 분말 및 플럭스(flux)를 포함할 수 있다. 현재 이용가능한 진보된 스캐닝 옵틱스(예컨대, Cambridge Technology Lightning II 4kW, Scanlab powerSCAN 4kW, Trumpf PFO 3D 8kW 및 IPG 8kW)와 함께, 이러한 방식으로 초합금들을 클래딩하는(clad) 능력, 그리고 본원에 개시된 증착 패턴은, 이전에는 가능하지 않았던 초합금 컴포넌트들의 형성 및 보수를 가능하게 한다.

[0008] 도 1은 클래딩(cladding) 층(10)의 예시적 실시예를 형성할 때 경로들 및 그를 따라 이어지는 에너지 빔(energy beam)의 예시적 실시예를 개략적으로 도시하며, 여기서 이 경로들은 기판(보이지 않음) 상에 중첩된다. 클래딩 층(10)은 에어포일의 형상으로 있으며, 압력 측벽(16), 흡입 측벽(18), 리딩 에지(leading edge)(20), 트레일링(trailing) 에지(22), 제1 리브 섹션(24), 제2 리브 섹션(26), 및 제3 리브 섹션(28)을 갖는 스킨(14)을 가질 수 있다. (하나 이상의 임의의 개수의 리브 섹션들이 본 개시내용의 범위 내에 있다.) 클래딩 층(10)을 형성하기 위해, 분말 재료(미도시)가 기판 상에 배치되며, 에너지 빔(미도시)이 활성화되고, 화살표들에 의해 도시된 경로들을 횡단한다(traverse).

[0009] 클래딩 층(10)은 몇몇 부분들을 포함하는 것으로 간주될 수 있다. 이 예시적 실시예에서, 제1 리브 섹션(24)을 포함하는 제1 부분(30), 제2 리브 섹션(26)을 포함하는 제2 부분(32), 제3 리브 섹션(28)을 포함하는 제3 부분(34), 및 트레일링 에지(22)를 포함하는 제4 부분(36)이 있을 수 있다. 클래딩 층(10)의 각각의 부분을 형성하기 위해, 한 쌍의 경로들이 사용될 수 있다.

[0010] 제1 부분(30)을 형성하기 위해, 제1 경로(40)는 제1 리브 섹션(24)의 리딩 에지 측의 제1 경로 개시 지점(42)에서 시작하고, 흡입 측벽(18)을 따라 횡단하며, 그후에, 제1 리브 섹션(24)을 형성하도록 터닝할(turn) 수 있다. 제2 경로(44)는 제1 리브 섹션(24)의 리딩 에지 측의 제2 경로 개시 지점(46)에서 시작하며, 압력 측벽(16)을 따라 횡단할 수 있다. 제1 경로 개시 지점(42) 및 제2 경로 개시 지점(46)은 공통 개시 지점(48)에 위치될 수 있다. 개시 지점들 중 임의의 개시 지점에, 이를테면, 공통 개시 지점(48)에 인접하게 제공되는, 선택적인 일회용의 런온 탭(runon tab)(54)이 있을 수 있다. 제1 경로(40)와 제2 경로(44)는 정션(junction)(50)에서 만나며, 이 정션(50)에서, 제1 리브 섹션(24)은 압력 측벽(16)과 만난다.

[0011] 공통 개시 지점(48)의 위치는, 제1 경로(40)의 길이와 제2 경로(44)의 길이가 동일하도록 선택될 수 있다. 그러한 예시적 실시예에서, 스캐닝 옵틱스는, 각각의 경로를 따라 동일한 속도(rate)로 에너지 빔을 횡단시켜서, 이로써 에너지 빔이 제1 경로(40)를 횡단하는데 제2 경로(44)와 동일한 양의 시간이 걸리도록 구성될 수 있다. 대안적으로, 제1 경로(40) 및 제2 경로(44)는 상이한 길이들을 가질 수 있다. 이 경우, 에너지 빔이 각각의 경로를 동일한 속도로 횡단한다면, 더 긴 경로를 형성하는데 더 많은 시간이 걸릴 수 있다. 두 개의 경로들이 상이한 길이를 갖지만, 횡단(traversal) 속도가 각각의 경로에 대해 동일할 때, 에너지 빔의 스캐닝은, 이 에너지 빔이 각각의 경로를 동일한 양의 시간 내에 횡단하도록 여전히 조절될 수 있다. 예컨대, 제1 경로(40)가 제2 경로(44)의 두 배만큼 길다면, 에너지 빔은 각각의 경로를 동일한 속도로 횡단하면서 제1 경로(40)를 형성하는데 제2 경로(44)의 두 배의 시간을 소비할 수 있다. 이는 가능하게 되는데, 그 이유는 심지어 각각의 경로를

형성할 때 에너지 빔의 전력 출력이 동일하더라도, 더 짧은 경로의 멜트 풀이, 에너지 빔이 더 긴 경로를 형성하는데 더 많은 시간을 소비하도록 하기 위해, 충분히 길게 액화된 채로 남아 있을 것이기 때문이다.

[0012] 클래딩 층(10)을 형성할 때, 제1 멜트 풀(미도시)은 제1 경로(40)를 따를 것이며, 제2 멜트 풀(미도시)은 제2 경로(44)를 따를 것이다. 멜트 풀들 중 하나의 멜트 풀이 개시되어야 했고, 공통 개시 지점의 분말 재료가 용융되었으며 그후에 다른 멜트 풀이 개시되기 이전에 응고되었다면, 공통 개시 지점(48)의 응고된 재료는, 시간상 이후에 개시되는 멜트 풀에 의해 리멜팅될(remelted) 것이다. 이 리멜팅(remelting)(리멜트(remelt))은, 멜트 풀들 둘 모두를 동시에, 또는 공통 개시 지점(48)에 단 한 개의 멜트 풀(미도시)이 형성되도록 시간상 충분히 가깝게 시작함으로써 회피될 수 있다. 리멜트를 회피하는 것은 균열에 대한 가능성을 감소시키며, 더 강한 클래딩 층을 생성한다.

[0013] 멜트 풀들 중 하나의 멜트 풀이, 제1 리브 섹션(24)이 압력 측벽(16)과 만나는 정션(50)에서 종료되고, 다른 멜트 풀이 정션(50)에 도달하기 이전에 응고되도록 허용되어야 했다면, 정션에서의 응고된 재료는, 시간상 이후에 도달된 멜트 풀에 의해 리멜팅될(remelted) 것이다. 이 리멜팅은, 정션(50)에서 멜트 풀들 둘 모두를 단일 멜트 풀로 합침으로써 회피될 수 있다. 선택적인 일회용의 런오프 탭(runoff tab)(52)이 정션(50)에, 또는 경로가 종료될 임의의 지점에 포지셔닝될(positioned) 수 있다. 클래딩 층(10)이 완성된 이후에, 임의의 런오프 탭들(52)이 가공될 수 있다.

[0014] 공정의 이 지점에서, 클래딩 층(10)의 제1 부분(30)이 형성된다. 제1 경로(40)는 클래딩 층(10)의 흡입 측벽(18)의 부분(60) 및 제1 리브 섹션(24)을 형성했다. 제2 경로는 클래딩 층(10)의 압력 측벽(16)의 부분(62)을 형성했다.

[0015] 제2 부분(32)을 형성하기 위해, 제3 경로(70)가 제3 경로 개시 지점(72)에서 시작할 수 있으며, 흡입 측벽(18)이 제2 리브 섹션(26)과 만나는 정션(74)에 멜트 풀이 도달할 때까지, 에너지 빔은 흡입 측벽(18)을 더 많이 형성하기 위해 제3 경로(70)를 따라 이 멜트 풀을 횡단한다. 제3 경로 개시 지점(72)에 인접한 흡입 측벽(18)의 부분(60)의 클래딩 재료가 응고되는 것이 가능하다. 결과적으로, 제3 경로 개시 지점(72)에 어떤 리멜트가 있을 수 있음이 가능하다.

[0016] 제4 경로(76)는 제1 리브 섹션(24)이 압력 측벽(16)과 만나는 정션(50)에서 시작할 수 있으며, 에너지 빔은 멜트 풀이 압력 측벽(16)을 더 많이 형성하게 하고, 제2 리브 섹션(26)을 형성하며, 그 이후에, 이 멜트 풀은 제3 경로(70)를 횡단한 멜트 풀을 만난다. 예시적 실시예에서, 제4 경로(76)를 횡단하는 에너지 빔에 의해 형성되는 멜트 풀은, 정션(50)에서의 제1 부분(30)의 용융된 재료가 응고되기 이전에 시작할 수 있다. 그러한 실시예에서는, 제1 리브 섹션(24)이 압력 측벽(16)과 만나는 정션(50)에서, 클래딩 층(10)의 재료의 어떠한 리멜팅도 없다.

[0017] 제3 경로(70)를 횡단하는 멜트 풀은 제4 경로(76)를 횡단하는 멜트 풀과 만나도록 타이밍될(timed) 수 있으며, 따라서 이들은 정션(74)에서 단일 멜트 풀로 합쳐지며, 이는 정션(74)에서의 클래딩 재료의 리멜트를 회피한다. 이를 달성하기 위해, 제3 경로(70)를 횡단하는 멜트 풀에 대한 시작 시간들은 제4 경로(76)를 횡단하는 멜트 풀에 대하여 지연될 수 있다. 대안적으로, 횡단 속도(rate)들이 변화될 수 있거나, 또는 에너지 빔이 동일한 횡단 속도들을 유지하지만, 제4 경로(76) 상에서 더 많은 시간을 소비할 수 있다. 선택적인 일회용의 런오프 탭(52)이 정션(74)에 포지셔닝될(positioned) 수 있으며, 하나 이상의 멜트 풀들이 런오프 탭(52)에서 런오프될(run off) 수 있다. 결과적으로, 이 예시적 실시예에서는, 제2 부분(32)에서 제1 리브 섹션(24)에 대해 단 한 개의 리멜트만이 있다.

[0018] 공정의 이 지점에서, 클래딩 층(10)의 제2 부분(32)이 형성된다. 제3 경로(70)는 흡입 측벽(18)의 부분(78)을 형성했다. 제4 경로(76)는 압력 측벽(16)의 부분(80) 및 제2 리브 섹션(26)을 형성했다.

[0019] 제3 부분(34)을 형성하기 위해, 흡입 측벽(18)이 제2 리브 섹션(26)과 만나는 정션(74)에서 제5 경로(90)가 시작할 수 있다. 흡입 측벽(18)이 제3 리브 섹션(28)과 만나는 정션(92)에 멜트 풀이 도달할 때까지, 에너지 빔은 이 멜트 풀이 흡입 측벽(18)을 더 많이 형성하게 한다. 예시적 실시예에서, 제5 경로(90)를 횡단하는 에너지 빔에 의해 형성되는 멜트 풀은, 정션(74)에서의 제2 부분(32)의 용융된 재료가 응고되기 이전에 시작할 수 있다. 그러한 예시적 실시예에서는, 정션(74)에서 클래딩 층(10)의 재료의 어떠한 리멜팅도 없다.

[0020] 제6 경로(94)는 제6 경로 개시 지점(96)에서 시작할 수 있으며, 에너지 빔은 압력 측벽(16) 및 그후에 제3 리브 섹션(28)을 더 많이 형성하기 위해 제6 경로(94)를 따라 멜트 풀을 횡단하며, 그 이후에, 이 멜트 풀은 제5 경로(90)를 횡단한 멜트 풀을 만난다. 제6 경로 개시 지점(96)에 인접한 흡입 측벽(18)의 부분(78)의 클래딩 재

료가 응고되는 것이 가능하다. 결과적으로, 제6 경로 개시 지점(96)에 어떤 리멜트가 있을 수 있음이 가능하다.

[0021] 제5 경로(90)를 횡단하는 멜트 풀은 제6 경로(94)를 횡단하는 멜트 풀과 만나도록 타이밍될(timed) 수 있으며, 따라서 이들은 흡입 측벽(18)이 제3 리브 섹션(28)과 만나는 정션(92)에서 단일 멜트 풀로 합쳐지며, 이는 정션(92)에서의 클래딩 재료의 리멜트를 회피한다. 이를 달성하기 위해, 제5 경로(90)를 횡단하는 멜트 풀에 대한 시작 시간들은 제6 경로(94)를 횡단하는 멜트 풀에 대하여 지연될 수 있다. 대안적으로, 횡단 속도(rate)들이 변화될 수 있거나, 또는 에너지 빔이 동일한 횡단 속도들을 유지하지만, 제6 경로(94) 상에서 더 많은 시간을 소비할 수 있다. 선택적인 일회용의 런오프 탭(52)이 정션(92)에 포지셔닝될(positioned) 수 있으며, 하나 이상의 멜트 풀들이 런오프 탭(52)에서 런오프될(run off) 수 있다. 결과적으로, 이 예시적 실시예에서는, 제3 부분(34)에서 제2 리브 섹션(26)에 대해 단 한 개의 리멜트만이 있다.

[0022] 공정의 이 지점에서, 클래딩 층(10)의 제3 부분(34)이 형성된다. 제5 경로(90)는 흡입 측벽(18)의 부분(98)을 형성했다. 제6 경로(94)는 압력 측벽(16)의 부분(100) 및 제3 리브 섹션(28)을 형성했다.

[0023] 제4 부분(36)을 형성하기 위해, 흡입 측벽(18)이 제3 리브 섹션(28)과 만나는 정션(92)에서 제7 경로(110)가 시작할 수 있다. 멜트 풀이 제7 경로 종료 지점(114)에 도달할 때까지, 에너지 빔은 이 멜트 풀이 흡입 측벽(18)을 더 많이 형성하게 한다. 예시적 실시예에서, 제7 경로(110)를 횡단하는 에너지 빔에 의해 형성되는 멜트 풀은, 정션(92)에 인접한 제3 부분(34)의 용융된 재료가 응고되기 이전에 시작할 수 있다. 그러한 예시적 실시예에서는, 정션(92)에서 클래딩 층(10)의 재료의 어떠한 리멜팅도 없다.

[0024] 제8 경로(116)는 제8 경로 개시 지점(118)에서 시작할 수 있으며, 멜트 풀이 제8 경로 종료 지점(120)에 도달할 때까지, 에너지 빔은 압력 측벽(16)을 더 많이 형성하기 위해 제8 경로(116)를 따라 멜트 풀을 횡단한다. 제8 경로 개시 지점(118)에 인접한 흡입 측벽(16)의 부분(100)의 클래딩 재료가 응고되는 것이 가능하다. 결과적으로, 제8 경로 개시 지점(118)에 어떤 리멜트가 있을 수 있음이 가능하다. 제7 경로 종료 지점(114) 및 제8 경로 종료 지점(120)은 공통 종료 지점(122)에 있을 수 있다.

[0025] 제7 경로(110)를 횡단하는 멜트 풀이 제8 경로(116)를 횡단하는 멜트 풀과 만나도록 타이밍될(timed) 수 있으며, 따라서 이들은 공통 종료 지점(122)에서 단일 멜트 풀로 합쳐지며, 이는 공통 종료 지점(122)에서의 리멜트를 회피한다. 이를 달성하기 위해, 제8 경로(116)를 횡단하는 멜트 풀에 대한 시작 시간들은 제7 경로(110)를 횡단하는 멜트 풀 이전에 또는 이후에 시작하도록 조절될 수 있다. 대안적으로, 횡단 속도(rate)들이 변화될 수 있거나, 또는 에너지 빔이 동일한 횡단 속도들을 유지하지만, 더 긴 경로 상에서 더 많은 시간을 소비할 수 있다. 선택적인 일회용의 런오프 탭(52)이 공통 종료 지점(122)에 포지셔닝될(positioned) 수 있으며, 하나 이상의 멜트 풀들이 런오프 탭(52)에서 런오프될(run off) 수 있다. 결과적으로, 이 예시적 실시예에서는, 제4 부분(36)에서 제3 리브 섹션(28)에 대해 단 한 개의 리멜트만이 있다.

[0026] 공정의 이 지점에서, 클래딩 층(10)의 제4 부분(36)이 형성되며, 그에 따라 클래딩 층(10)이 완성된다. 제7 경로(110)는 흡입 측벽(18)의 부분(124)을 형성했고, 제8 경로(116)는 압력 측벽(16)의 부분(126)을 형성했다.

[0027] 위에서 설명된 예시적 실시예들을 사용하여 만들어지는 클래딩 층(10)에는, 각각의 리브 섹션에 대해 겨우 한 개의 리멜트만이 존재한다. 부가하여, 위에서 개시된 예시적 실시예들이 함께 사용된다면, 하나의 멜트 풀이 제2 경로 개시 지점(46)에서 개시되고, 하나의 연속적이며 중단되지 않는 횡단으로, 제2 경로(44), 그후에 제4 경로(76), 그후에 제5 경로(90), 그후에 제7 경로(110)를 따라 횡단하고 제7 경로 종료 지점(114)에 도달하는 것이 가능하다. 이 연속적이며 중단되지 않는 횡단 동안에, 다른 경로들을 횡단하는 멜트 풀들은, 이 멜트 풀들이 연속적이며 중단되지 않는 멜트 풀과 동시에 대향 벽 섹션들을 형성하도록 개시 및 종료될 수 있다. 대향 벽 섹션들을 동시에 형성하는 것은 에어포일 뒤틀림을 완화시키고, 연속적이며 중단되지 않는 횡단을 갖는 것은 리멜트들을 최소화시킨다.

[0028] 대안적으로, 제2 부분(32) 및 제3 부분(34)의 형성은, 클래딩 층에 형성될 각각의 추가 리브 섹션에 대해 한 쌍의 경로들을 따라 두 개의 멜트 풀들을 동시에 이동시키기 위해 에너지 빔을 횡단시키는 것으로서 설명될 수 있다. 각각의 쌍의 하나의 경로는, 이전에 형성된 리브 섹션과 개개의 추가 리브 섹션 사이의 클래딩 층의 하나의 측벽의 부분, 뿐만 아니라 추가 리브 섹션을 형성할 것이다. 각각의 쌍의 다른 경로는, 이전에 형성된 리브 섹션과 추가 리브 섹션 사이의 클래딩 층의 대향 측벽의 부분을 형성할 것이다.

[0029] 예컨대, 제2 섹션(32)을 형성하기 위해, 경로들의 쌍은 제3 경로(70) 및 제4 경로(76)일 것이다. 형성될 추가 리브 섹션은 제2 리브 섹션(26)일 것이며, 이전에 형성된 리브 섹션은 제1 리브 섹션(24)일 것이다. 제4 경로

(76)는 압력 측벽(16)의 부분(80) 및 제2 리브 섹션(26)을 형성할 것이다. 제3 경로(70)는 대향 측벽 부분을 형성할 것이며, 이 대향 측벽 부분은 흡입 측벽(18)의 부분(78)이다.

[0030] 제3 부분(34)을 형성하기 위해, 경로들의 쌍은 제5 경로(90) 및 제6 경로(94)일 것이다. 형성될 추가 리브 섹션은 제3 리브 섹션(28)일 것이며, 이전에 형성된 리브 섹션은 제2 리브 섹션(26)일 것이다. 제6 경로(94)는 압력 측벽(16)의 부분(100) 및 제3 리브 섹션(28)을 형성할 것이다. 제5 경로(90)는 대향 측벽 부분을 형성할 것이며, 이 대향 측벽 부분은 흡입 측벽(18)의 부분(98)이다.

[0031] 도시된 경로들의 예시적 패턴은 제한하는 것으로 여겨지지 않는다. 예컨대, 제1 리브 섹션(24)은 제2 경로(44) 및 흡입 측(18)으로 이동되는 정션에 의해 형성될 수 있다. 그러한 대안적인 예시적 실시예들이 클래딩 층(10)의 각각의 부분에 적용될 수 있다. 부분이 이 방식으로 변경되면, 형성될 바로 인접한 부분에 대한 개시 지점이 또한, 다른 측으로 이동될 수 있다. 각각의 리브 섹션에 대해 하나보다 많은 개시 지점이 형성되더라도, 임의의 패턴은 본 개시내용의 범위 내에 있다. 부가하여, 세 개의 리브 섹션들이 도시되지만, 더 많거나 또는 더 적은 개수의 리브 섹션들이 클래딩 층(10)에 형성될 수 있다.

[0032] 추가로, 에너지 빔의 전력 출력은 클래딩 층(10)을 형성하기 위해 만들어진 모든 경로들에 대해 동일할 수 있다. 대안적으로, 전력 출력은 변할 수 있으며, 따라서 경로들이 있는 만큼 많은 전력 셋팅(setting)들이 사용될 수 있다. 예컨대, 에너지 빔의 전력은 한 쌍의 경로들 중 하나의 경로에 대해 하나의 레벨(level)로, 그리고 이 한 쌍의 경로들 중 다른 경로에 대해 다른 에너지 레벨로 있을 수 있다. 여전히 추가로, 변하는 열 요건들을 수용하기 위해, 에너지 빔이 경로를 횡단하고 있는 동안에 전력이 조절될 수 있다.

[0033] 클래딩 공정이 클래딩 층 상에 슬래그(slag)의 층을 생성하면, 이 슬래그의 층은, 분말 재료가 응고될 때 또는 클래딩 층(10)의 형성 완료시 제거될 수 있다.

[0034] 에어포일을 생성하거나 또는 재형성하기 위해 기판 상에 하나 이상의 클래딩 층들(10)이 증착될 수 있으며, 이 경우, 위의 공정은, 필요한 만큼 많은 클래딩 층들(10)을 형성하기 위해 반복될 수 있다.

[0035] 도 2는 형성 공정의 시작을 위하여, 기판(130) 상에 형성되고 있는 클래딩 층(10)의 개략적인 측면도이다. 이 예시적 실시예에서, 기판은 에어포일 압력 측(134), 에어포일 흡입 측(136), 에어포일 리딩 에지(138), 에어포일 트레일링 에지(140), 및 접합 표면(142)을 갖는 에어포일(132)이며, 이 접합 표면(142)은 이 예시적 실시예에서 에어포일 스킨(146)의 에지(144)이다. 에너지 빔 소스(152)로부터 방사되며 스캐닝 옵틱스(154)에 의해 유도되는 에너지 빔(150)은, 접합 표면(142) 상에 배치된 분말 재료(156)를 처리하고 있다. 스캐닝 옵틱스(154)가 에너지 빔(150)을, 에너지 빔 실선에 의해 표시된 바와 같이 클래딩 층(10)의 일 측을 향하여 지향시키고 그후에 점선에 의해 표시된 바와 같이 클래딩 층의 다른 측으로 지향시킬 수 있음을 알 수 있다. 스캐닝 옵틱스는 빔을 일 측으로부터 다른 측으로 대략 3 m/s의 점프(jump) 속도로 점핑(jumping)시킬 수 있다. 결과적으로, 두 개의 멜트 풀들이 동시에 유지되며 횡단될 수 있다. 공정 동안에, 클래딩 층(10)을 형성하기 위해, 분말 재료(156)는 용융되고, 응고되며, 그리고 접합 표면(142)에 접합된다.

[0036] 플럭스 분말이 분말 재료(156)에 통합되는 예시적 실시예에서, 슬래그(158)가 클래딩 층(10) 상에 형성될 수 있으며, 이 슬래그(158)는, 임의의 후속 클래딩 층들이 증착되기 이전에 제거된다. 대안적인 예시적 실시예들에서, 필러(filler) 및 플럭스가 별개의 프리폼(preform)에 미리 배치, 이를테면, 슬리브(sleeve) 내에 캡슐화될(encapsulated) 수 있으며, 그후에 이 슬리브가 공정 위치에 포지셔닝된다(positioned). 분말 재료 내의 필러 재료가 기판과 동일한 화학적 조성(composition)을 가질 수 있거나, 또는 화학적 조성은 상이할 수 있다.

[0037] 점선은, 에어포일(132)을 완성하기 위해 충분한 클래딩 층들(10)이 증착될 때 에어포일(132)의 미완료 부분(162)의 완료된 프로파일(profile)(160)을 정의한다. (완료된 에어포일에서, 리브들은 외부적으로 보이지 않는다.) 완료된 프로파일(160)은 처음으로 생성되고 있는 에어포일(132)을 표현할 수 있거나, 또는 이 완료된 프로파일(160)은, 이전에는 에어포일(132)의 일부였지만 제거되었으며, 에어포일(132)을 이 에어포일(132)의 본래 상태로 되돌리기 위해 교체되어야 하는 재료를 표시할 수 있다. 후자는, 예컨대, 서비스중(in service)인 에어포일(132)이 에어포일(132)의 팁(164)에서 균열을 겪을 때 발생할 수 있다. 에어포일(132)은 서비스(service)로부터 빼내질 수 있으며, 팁 엔드(tip end)(166) 및 그 안의 원치 않는 균열들이 제거되어(이로써, 에지(144)가 생성됨), 본원에 개시된 클래딩 보수 동작이 허용된다. 비 제한적 예에서, 30 ㎜가 제거될 수 있으며, 30 ㎜ 섹션이 재형성될 때까지, 3 ㎜ 두께의 클래딩 층들이 형성될 수 있다. 열 개의 층들이 증착될 때, 에어포일(132)은 완료 상태로 되돌려질 것이다. 에어포일(132)의 외부 표면은 마무리 가공을 요구할 수 있다. 내부 표면은 있는 그대로 수용될 수 있다.

[0038] 도 3은 대안적 기판 상에 배치된 클래딩 층(10)의 개략적인 측면도이며, 이 대안적 기판은 예컨대 블레이드 플랫폼(170)일 수 있다. 이는, 블레이드로부터 전체 에어포일이 제거되고, 본원에 개시된 방법들을 사용하여 에어포일이 교체될 때 발생할 수 있다. 대안적으로, 이는, 새로운 블레이드가 제조될 것이며, 본원에 개시된 방법들을 사용하여 에어포일 부분이 새로운 블레이드 플랫폼(170)에 적용될 때 발생할 수 있다.

[0039] 도 4는 클래딩 층(10)을 형성할 때 패턴들 및 그를 따라 이어지는 에너지 빔의 예시적 실시예를 개략적으로 도시한다. 이 도면에서, 패턴들은 클래딩 층(10) 상에 중첩된다. 이 예시적 실시예에서, 에너지 빔은 원형 패턴(180)으로 유도된다. 에어포일 스킨(146) 및 그에 따른 클래딩 층(10)의 두께(182)는 3.0 ㎜일 수 있다. 원형 패턴의 지름(184)은 3.5-4.0 ㎜일 수 있으며, 인접한 원형 패턴들(180)은, 에너지 빔이 제1 경로(40) 및 제2 경로(44)를 횡단할 때 대략 1 ㎜만큼 오버랩핑될(overlap) 수 있다. 에너지 빔은 예컨대 1 ㎜ 지름을 가질 수 있다. 이 예시적 실시예에서, 클래딩 층(10)의 흡입 측벽(18)의 부분(60)으로부터 압력 측벽(16)의 부분(62)으로 에너지 빔을 횡단시킴으로써, 제1 리브 섹션(24)이 형성된다. 원형 패턴들(180)은 제1 리브 섹션(24)이 압력 측벽(16)과 만나는 정션(50)에서 합쳐질 수 있거나, 또는 원형 패턴들(180) 중 하나의 원형 패턴(180)이 정지하는 반면에 다른 원형 패턴(180)은 완료될 수 있다. 대안적으로, 이 위치에서의 빔 패턴은 정션(50)의 형성에 가장 도움이 되는 다른 형상들을 형성하도록 맞춤화될 수 있다. 접합을 최적화시키기 위해, 전력의 양 및/또는 횡단 속도 등과 같은 매개변수들이 정션(50)에서 추가될 수 있다. 선택적으로, 원형 패턴들 중 하나 또는 둘 모두가 선택적인 런오프 탭(52)에서 런오프될 수 있다. 제공되는 치수들은 비 제한적 예들이며, 치수들 및 패턴은 기술분야의 당업자들에게 알려진 방식들로 조절될 수 있다.

[0040] 도 5에 도시된 변형에서, 에너지 빔은 제1 리브 섹션(24)을 상이한 방식으로 형성할 수 있다. 클래딩 층(10)의 흡입 측벽(18)의 부분(60)으로부터 압력 측벽(16)의 부분(62)으로 멜트 풀을 횡단하는 것 대신에, 멜트 풀이 흡입 측벽(18)의 부분(60)을 따라 계속하는 동안에 이 멜트 풀이 제1 리브 섹션(24)을 포함하도록, 에너지 빔은 이 멜트 풀을 확대한다. 이는 상당한 전력, 예컨대, 8-10 ㎾를 요구할 수 있지만, 가능한 경우 생산을 촉진할 수 있다. 여기서, 다시, 예시적 실시예는 제한하는 것으로 여겨지지 않는다. 정확한 패터닝(patterning)은 기술분야의 당업자들에게 알려진 방식들로 맞춤화될 수 있다. 예컨대, 스캐닝 옵틱스(154)는 오버랩핑 패턴을 유지할 수 있지만, 압력 측벽(16)으로부터 흡입 측벽(18)으로 이어지기 위해 충분한 타원형의 패턴을 만들 수 있다.

[0041] 도 6은 에어포일(132)의 팁 캡(186)의 예시적 실시예를 형성하면서 패턴 및 그를 따라 이어지는 에너지 빔의 예시적 실시예를 개략적으로 도시하며, 이 팁 캡(186)은 에어포일(132)을 완성하기 위해 필요할 수 있다. 에어포일(132)의 인테리어(interior)는 분말 또는 고체 형태의 세라믹(ceramic) 재료(예컨대, 지르코니아(zirconia), 실리카(silica), 알루미나(alumina), 티타니아(titania), 그래파이트(graphite) 등)로 필링될(filled) 수 있으며, 이 세라믹 재료는 에어포일(132)의 익스테리어(exterior)를 둘러싸도록 포지셔닝될(positioned) 수 있다. 분말 재료(156)는 에어포일(132)을 필링하는 세라믹 재료 상에 포지셔닝된다. 예시적 실시예에서, 에너지 빔은 에어포일 압력 측(134)과 에어포일 흡입 측(136) 사이에서 왔다갔다 원형 패턴(180)을 횡단한다. 일단 팁 캡(186)이 완성되면, 세라믹 재료가 제거되어, 완성된 에어포일(132)이 남겨질 수 있다. 이 예시적 실시예는 제한하는 것으로 여겨지지 않는다. 정확한 패터닝(patterning)은 기술분야의 당업자들에게 알려진 방식들로 맞춤화될 수 있다.

[0042] 도 7에 도시된 변형에서, 에너지 빔은 팁 캡(186)을 상이한 방식으로 형성할 수 있다. 별개의 측방향 침전물들을 형성하는 것 대신에, 멜트 풀이 에어포일 리딩 에지(138)로부터 에어포일 트레일링 에지(140)로 이동하도록, 에너지 빔은 확대될 수 있다. 이는 상당한 전력, 예컨대, 8-10 ㎾를 요구할 수 있지만, 가능한 경우 생산을 촉진할 수 있다. 이 예시적 실시예는 제한하는 것으로 여겨지지 않으며, 위에서 개시된, 에어포일 압력 측(134)으로부터 에어포일 흡입 측(136)으로 이어지는 오버랩핑되는 넓은 타원형 패턴들과 유사한 다른 패턴들이 사용될 수 있다.

[0043] 도 8에 도시된 다른 예시적 실시예에서, 어떠한 리멜트들도 없는 클래딩 층(10)을 형성하는 것이 가능하다. 이 예시적 실시예에서, 두 개의 멜트 경로들을 유지하기 위해 이전에 사용된 빔 공유는, 예컨대 리브 섹션에 맞닥뜨릴 때, 세 개의 멜트 경로들을 유지하기 위해 사용될 것이다. 이 예시적 실시예에서, 클래딩 층(10)의 형성은 2-멜트-풀 구역들(200) 및 3-멜트-풀-구역들(202)을 포함할 수 있다. 두 개의 멜트 풀들이 만날 때까지 후속 경로의 시작을 지연시키는 것 대신에, 멜트 풀이 후속 경로 상에서 개시되는 반면에, 개개의 개시 지점에 인접한 용융된 재료는 여전히 용융된 채로 있다.

[0044] 이는, 개개의 개시 지점에 인접한 용융된 재료가 멜팅될(melted) 때 또는 그 후에 곧 시작하는 제3 멜트 풀을

형성하기 위해 여전히 추가로 에너지 빔을 공유하여서, 에너지 빔이 제3 멜트 풀을 형성할 때 이 용융된 재료가 여전히 용융된 채로 있게 함으로써 달성될 수 있다. 그 결과, 이전과 같이, 클래딩 층(10)은, 제1 리브 섹션(24)을 포함하는 제1 부분(30), 제2 리브 섹션(26)을 포함하는 제2 부분(32), 제3 리브 섹션(28)을 포함하는 제3 부분(34), 및 트레일링 에지(22)를 포함하는 제4 부분(36)을 포함하는 것으로 여전히 간주될 수 있다. 이전과 같이, 클래딩 층(10)의 각각의 부분을 형성하기 위해, 한 쌍의 경로들/멜트 풀들이 사용될 수 있다. 그러나, 이전과 달리, 두 개의 멜트 풀들이 각각의 부분을 후속 부분보다 앞서 완료할 때, 제3 멜트 풀은 이 후속 부분을 횡단하기 시작한다. 예컨대, 두 개의 멜트 풀들이 제1 부분(30)의 제1 리브 섹션(24) 및 압력 측벽(16)의 부분(62)을 형성하는 동안에, 제3 멜트 풀이 제2 부분(32)의 제3 경로(70)를 따라 이미 횡단하기 시작했고, 제3 경로 개시 지점(72)에 인접한 용융된 재료가 응고되기 이전에 이 공정을 시작했다. 이는 이 위치에서 임의의 리멜트를 방지한다.

[0045] 제1 부분(32)을 여전히 형성하고 있는 두 개의 멜트 풀들은, 제1 리브 섹션(24)이 압력 측벽(16)과 만나는 정션(50)에 동시에 도달하도록 타이밍될 수 있다. 이 지점에서, 에너지 빔은 단일 멜트 풀을 형성하며, 이 멜트 풀이 계속해서 제3 경로(70)를 형성하는 동안에, 제4 경로(76)를 따라 이 멜트 풀을 횡단하기 시작한다. 따라서, 이 공정 동안에, 하나의 부분(30, 32, 34)을 동시에 형성하는 두 개의 멜트 풀들만이 있을 수 있는데, 그 이유는 제3 멜트 풀이 후속 부분(32, 34, 36)을 형성하고 있을 수 있기 때문이다. 일단 후속 섹션 이전의 섹션이 형성되면, 멜트 풀들 중 하나가 다른 리브 섹션에 맞닥뜨릴 때까지, 형성은 두 개의 멜트 풀들로 되돌아간다.

[0046] 멜트 풀들의 횡단 속도는, 경로들의 상대적 길이들을 고려하며 개개의 정션들에서의 두 개의 멜트 풀들의 동시 도달을 적절하게 타이밍하는 것을 제공하도록 조절될 수 있다. 예컨대, 제2 부분(32)을 형성할 때, 멜트 풀은, 다른 멜트 풀이 흡입 측벽(18)의 부분(78)을 이미 형성하기 시작한 이후에만, 압력 측벽(16)의 부분(80)을 형성하기 시작한다. 제3 경로(70) 상의 멜트 풀보다 제4 경로 상의 멜트 풀에 대해 더 긴 횡단이 남아 있다면, 흡입 측벽(18)이 제2 리브 섹션(26)과 만나는 정션(74)에 멜트 풀들 둘 모두가 동시에 도달하도록, 제3 경로(70) 상의 멜트 풀은 비교적 느려질 수 있다. 대안적으로, 제4 경로(76)를 형성하는 멜트 풀의 스피드(speed)가 비교적 증가될 수 있다.

[0047] 제4 경로(76)를 형성하는 멜트 풀이 제2 리브 섹션(26)에 도달할 때, 제3 멜트 풀이 제6 경로 개시 지점(96)에서 개시된다. 이는, 제6 경로 개시 지점(96)에 인접한 용융된 재료가 응고되기 이전에 발생할 수 있으며, 이로써 이 위치에서 리멜트가 방지된다. 두 개의 멜트 풀들이 제2 리브 섹션(26) 및 흡입 측벽(18)의 부분(78)을 횡단할 때, 제3 멜트 풀은 압력 측벽(16)의 부분(100)을 횡단하기 시작한다. 일단 제2 리브 섹션(26) 및 흡입 측벽(18)의 부분(78)을 형성하는 멜트 풀들이 정션(74)에서 만나면, 그후에, 단일 멜트 풀이 흡입 측벽(18)의 부분(98)을 횡단하기 시작한다. 여기서, 다시, 제5 경로(90) 및 제6 경로(94)를 취하는 멜트 풀들에 대한 횡단 속도들은, 이들이, 흡입 측벽(18)이 제3 리브 섹션(28)과 만나는 정션(92)에 동시에 도달하도록 타이밍될 수 있다. 예컨대, 화살촉들 사이의 더 짧은 공간에 의해 표시된 바와 같이, 제3 멜트 풀은 초기에 비교적 느려질 수 있다.

[0048] 제6 경로(94)를 형성하는 멜트 풀이 제3 리브 섹션(28)에 도달할 때, 에너지 빔은 제3 멜트 풀을 제8 경로 개시 지점(118)에 생성한다. 이는, 제8 경로 개시 지점(118)에 인접한 용융된 재료가 응고되기 이전에 발생할 수 있으며, 이로써 이 위치에서 리멜트가 방지된다. 두 개의 멜트 풀들이 제3 리브 섹션(28) 및 흡입 측벽(18)의 부분(98)을 횡단할 때, 제3 멜트 풀은 압력 측벽(16)의 부분(126)을 횡단하기 시작한다. 일단 제3 리브 섹션(28) 및 흡입 측벽(18)의 부분(98)을 형성하는 멜트 풀들이 만나면, 그후에, 단일 멜트 풀이 흡입 측벽(18)의 부분(124)을 횡단하기 시작한다. 제7 경로(110) 및 제8 경로(116)를 취하는 멜트 풀들에 대한 횡단 속도들은, 이들이 공통 종료 지점(122)에 동시에 도달하도록 타이밍될 수 있다.

[0049] 유리하게, 이 예시적 실시예에서, 전체 클래딩 층(10)은 어떠한 리멜트들도 없이 형성된다.

[0050] 도시된 경로들의 예시적 패턴은 제한하는 것으로 여겨지지 않는다. 예컨대, 도 9에 도시된 대안적인 예시적 실시예에서, 제2 경로(44)를 횡단하는 멜트 풀이 제1 리브 섹션(24)에 도달할 때, 제3 멜트 풀은 제4 경로(76)를 횡단하기 시작한다. 도 8의 예시적 실시예에서와 같이, 제4 경로(76)를 횡단하는 멜트 풀이 제2 리브 섹션(26)에 도달할 때, 제3 멜트 풀은 제6 경로(94)를 횡단하기 시작한다. 그러나, 제5 경로(90)를 횡단하는 멜트 풀이 제3 리브 섹션(28)에 도달할 때, 제3 멜트 풀이 제7 경로(110)를 횡단하기 시작한다.

[0051] 제3 멜트 풀들이, 이전에 처리(멜팅)되었지만 아직 응고되지는 않은 재료로부터 발생되거나, 이 재료에 근접하게 형성되거나, 또는 이 재료와 합쳐지는 한, 리멜트는 회피될 수 있다. 다시 말해서, 제3 멜트 풀들이, 이전에 처리된 리브 섹션의 인접한 재료가 여전히 용융된 채로 있는 시간에 횡단하기 시작하는 한, 리멜트는 회피될

수 있다. 리멜트를 회피하는 이들 방법들 중 임의의 방법 및 이들 방법들 전부는 본 개시내용의 범위 내에 있는 것으로 간주된다.

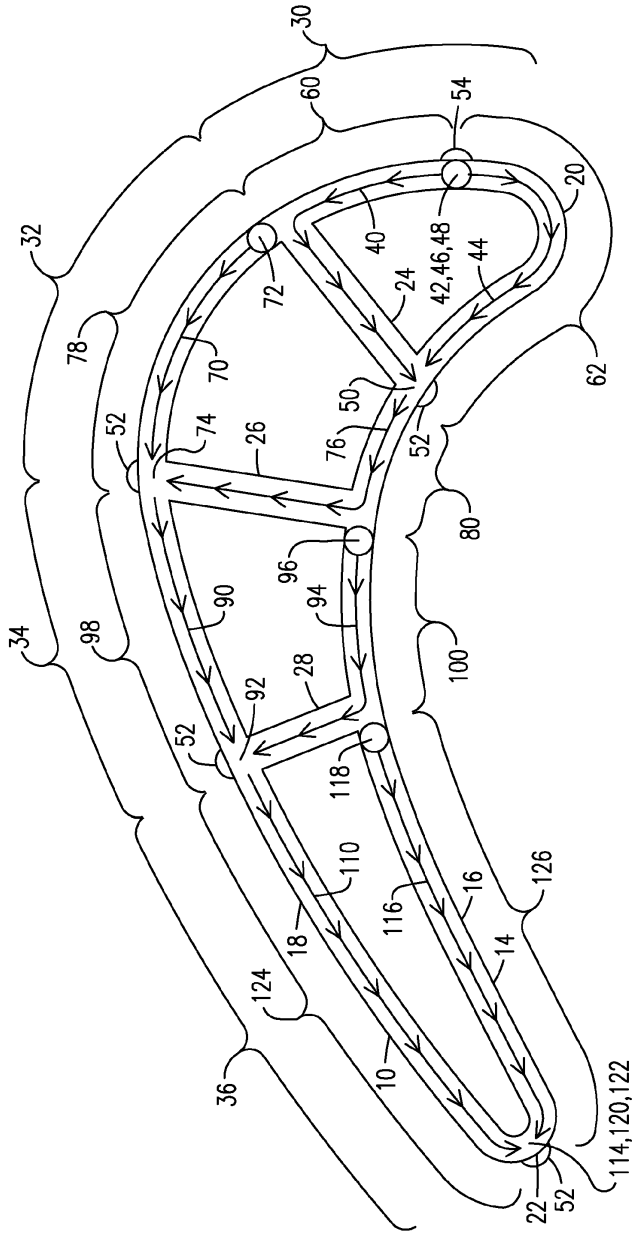
[0052] 위와 같이, 에너지 빔의 전력 출력은 클래딩 층(10)을 형성하기 위해 만들어진 모든 경로들에 대해 동일할 수 있다. 대안적으로, 전력 출력은 변할 수 있으며, 따라서 경로들이 있는 만큼 많은 전력 셋팅(setting)들이 사용될 수 있다. 예컨대, 에너지 빔의 전력은 한 쌍의 경로들 중 하나의 경로에 대해 하나의 레벨(level)로, 그리고 이 한 쌍의 경로들 중 다른 경로에 대해 다른 에너지 레벨로 있을 수 있다. 여전히 추가로, 변하는 열 요건들을 수용하기 위해 에너지 빔이 경로를 횡단하고 있는 동안에 전력이 조절될 수 있다.

[0053] 전술된 내용으로부터, 발명자들이 이전에는 가능하지 않았던 방식으로 에어포일을 형성하기 위한 혁신적인 방법을 창안했음을 알 수 있다. 결과적으로, 이는 기술분야에서의 개선을 표현한다.

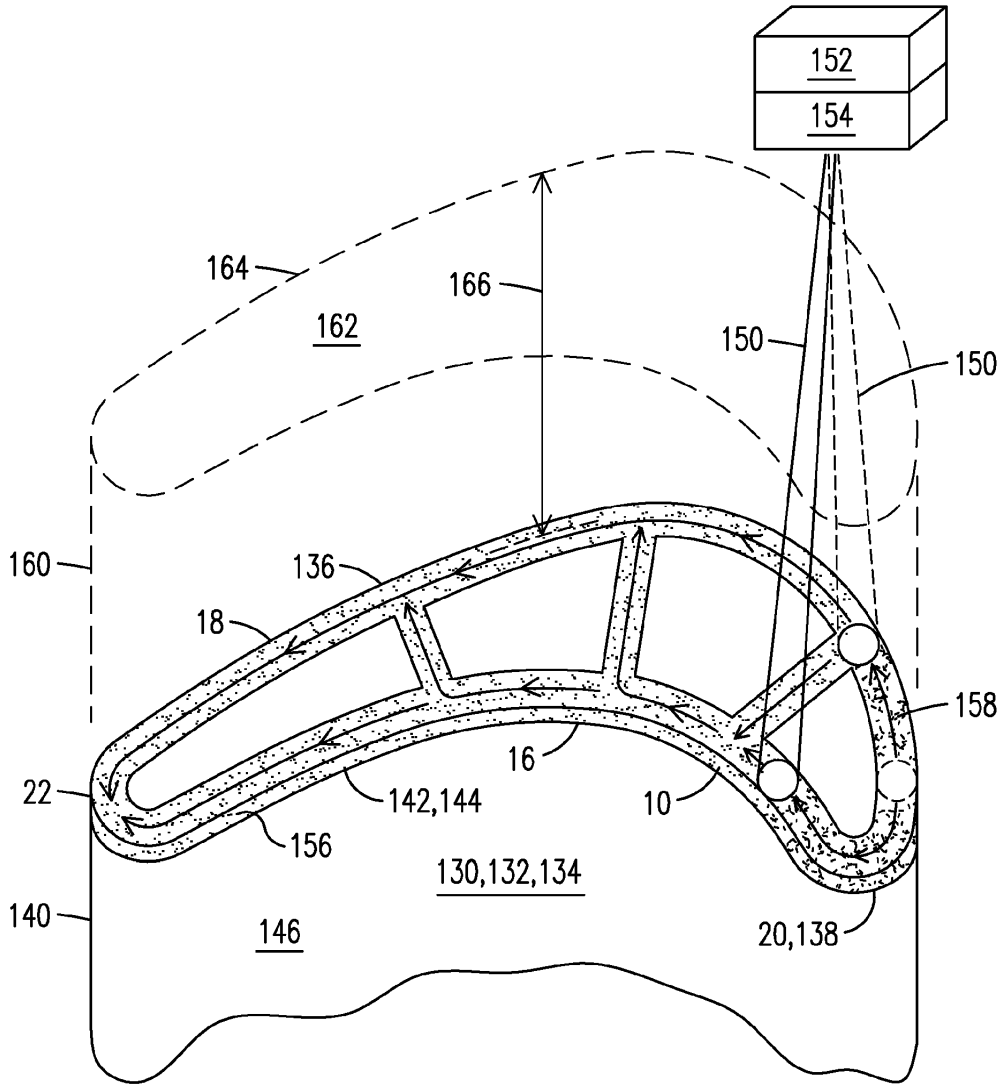
[0054] 본 발명의 다양한 실시예들이 본원에서 도시되고 설명되었지만, 그러한 실시예들이 예로서만 제공되는 것이 명백할 것이다. 본원의 발명으로부터 벗어나지 않고, 많은 변형들, 변경들 및 치환들이 이루어질 수 있다. 이에 따라, 첨부된 청구항들의 사상 및 범위에 의해서만 본 발명이 제한되는 것이 의도된다.

도면

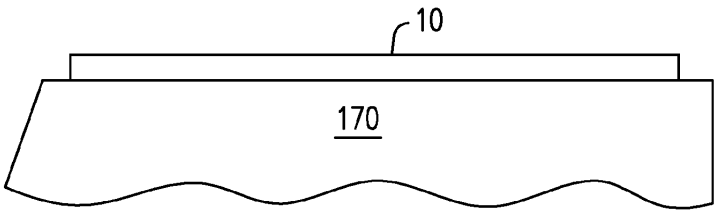
도면1


30
60
54
20
32
40
42,46,48
44
72
24
78
70
62
50
52
74
26
76
52
80
96
90
94
34
98
28
100
92
52
118
110
126
116
16
18
14
124
10
36
114,120,122
22
52

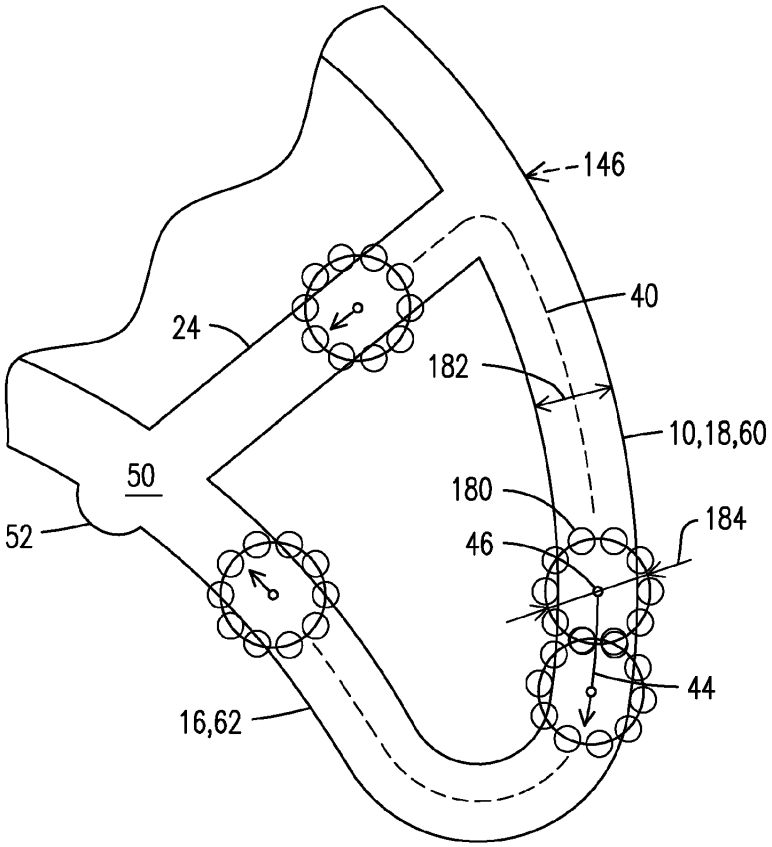
도면2


152
154
164
166
162
150
150
160
136
18
158
16
22
142,144
10
156
130,132,134
140
146
20,138

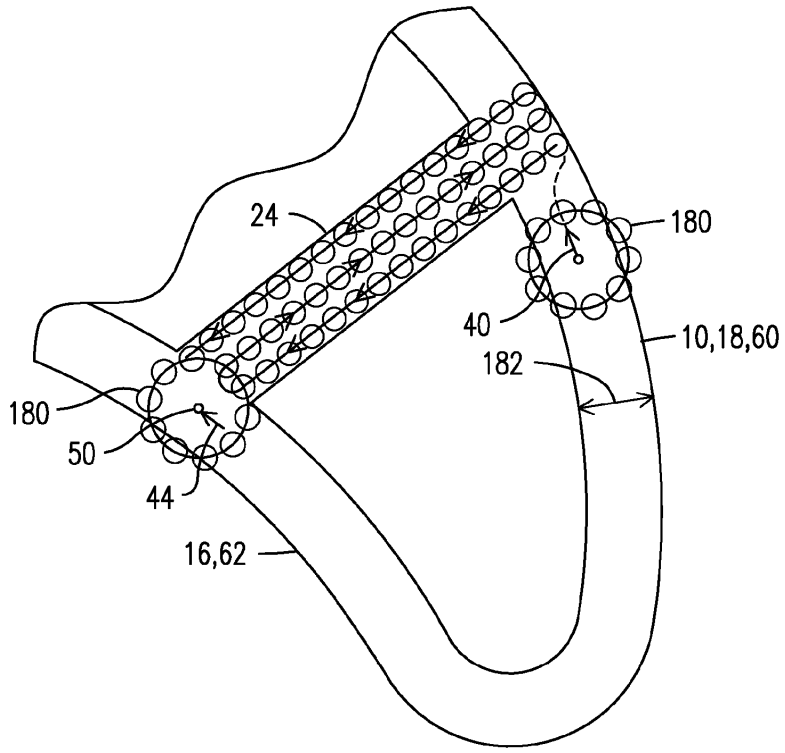
도면3


10
170

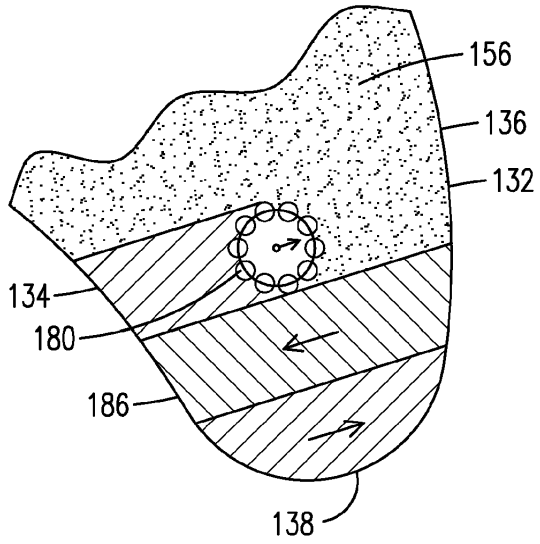
도면4


146
40
24
182
10,18,60
50
180
184
52
46
44
16,62

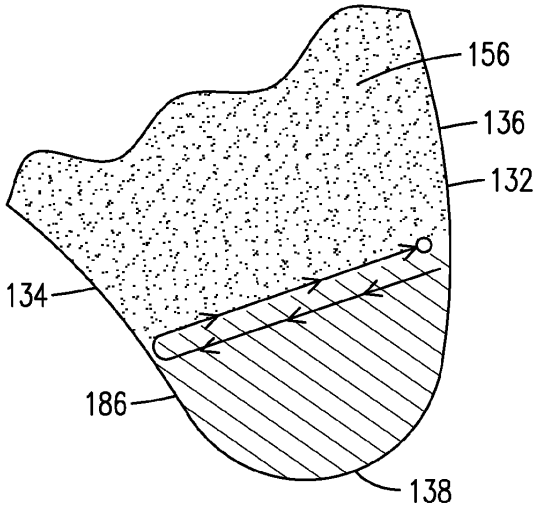
도면5


24
180
40
10,18,60
182
180
50
44
16,62

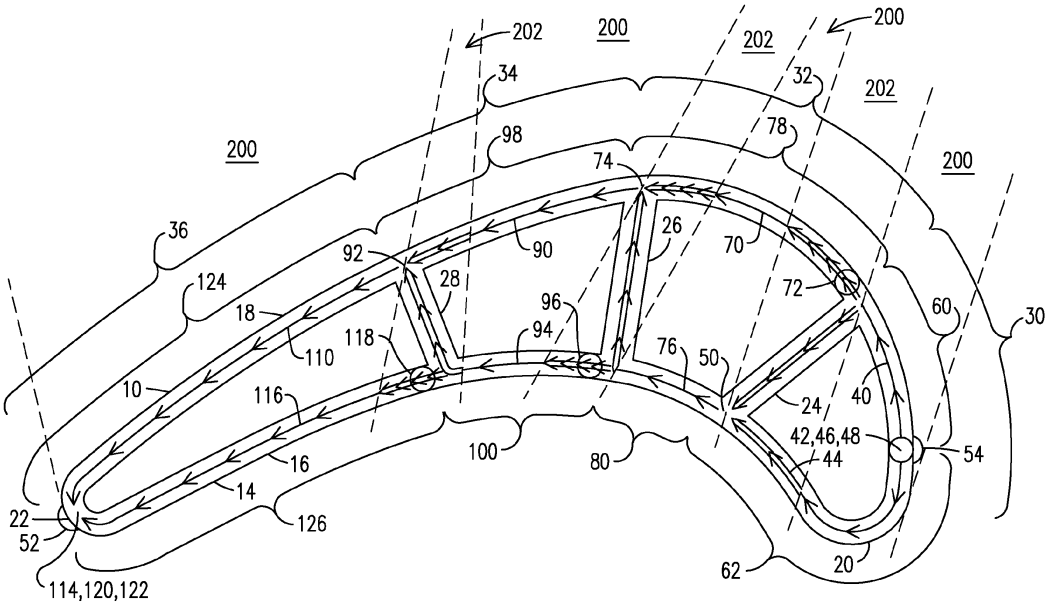
도면6



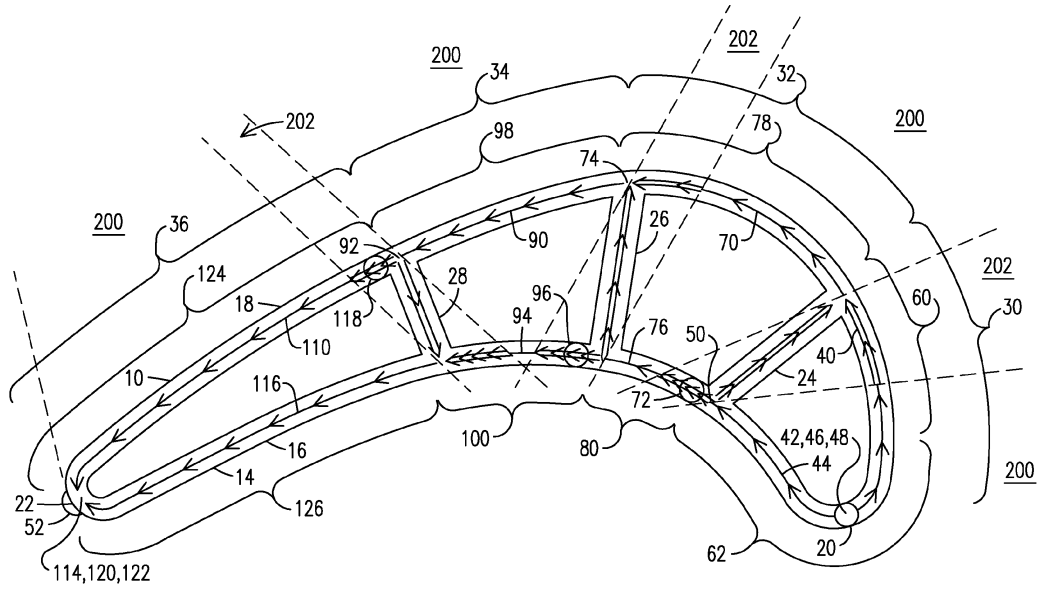
도면7



도면8



도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항10

【변경전】

상기 제1 경로와 상기 제2 경로의 상기 정션에서

【변경후】

상기 제1 경로와 상기 제2 경로의 정션에서