(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0068799
(43) 공개일자 2014년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/342 (2014.01) *B23D 61/18* (2006.01)
B23D 65/00 (2006.01) *B28D 1/08* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7023326
(22) 출원일자(국제) 2012년03월02일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2013년09월03일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2012/053642
(87) 국제공개번호 WO 2012/119946
국제공개일자 2012년09월13일
(30) 우선권주장
11156981.0 2011년03월04일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
엔브이 베카에르트 에스에이
벨기에 즈웨베겜 베-8550 베카에르트스트라아트 2
(72) 발명자
바니케 얀
벨기에 비-8830 기츠 베우켄스트라트 10
그로에넨 롤란드
벨기에 비-9667 호레베케 스마레 12
바에켈란트 톰
벨기에 비-8890 다디젤레 엠지알. 카르딘란 19
(74) 대리인
안국찬, 양영준

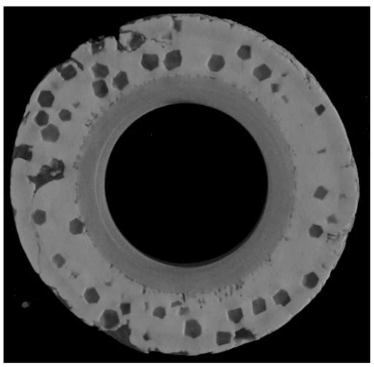
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **절삭 비드**

(57) 요 약

절삭 코드에서 이용하기 위한 절삭 비드가 개시되고 청구된다. 절삭 코드들은 경질 및 취성 재료들을 컷팅하기 위해서 이용된다. 절삭 비드가 튜브형 금속 슬리브를 포함하고, 상기 슬리브 상에 연마재 층이 침착된다. 연마재 층은 금속 기질 재료를 포함하고, 상기 금속 기질 재료 내에서 연마재 입자들이 유지된다. 비드에 관한 특별한 것은, 금속 기질 재료가 금속현미경 단면에서 수지상 조직을 나타낸다는 것이고, 그러한 조직은 레이저 크래딩에 의해서 생산된 방식의 결과이다. 야금학적 본딩 층이 연마재 층과 슬리브 사이에 존재함에 따라, 연마재 층이 슬리브에 매우 양호하게 부착된다. 연마재 입자들이 이러한 본딩 층까지 아래쪽으로 존재하며, 그에 따라 종래 기술에서와 같이 브레이징 층이 연마재 층과 슬리브 사이에 존재하지 않기 때문에, 비드의 유효 수명이 개선된다. 금속 기질 재료내에, 연마재 입자들의 습윤 및 부착을 개선하는 활성 금속이 존재한다. 단일 비드 컷팅 테스트는, 기존 비드들에 대비할 때, 적어도 양호한 본원 발명의 비드들의 성능을 보여준다.

대 표 도 - 도9a



특허청구의 범위

청구항 1

절삭 코드에서 사용하기 위한 비드로서, 상기 비드가 금속 기질 재료 내에 매립된 연마재 입자들을 포함하는 연마재 층에 의해서 둘러싸인 튜브형 금속 슬리브를 가지는, 비드에 있어서,

상기 금속 기질 재료가 금속현미경 단면에서 수지상 미세조직을 가지는 것을 특징으로 하는, 비드

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 금속 기질 재료 및 상기 튜브형 금속 슬리브의 금속들로 이루어진 야금학적 본딩 층이 상기 연마재 층 및 상기 튜브형 금속 슬리브 사이에 존재하는, 비드.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 연마재 입자들의 일부가 상기 야금학적 본딩 층 내로 침투된, 비드.

청구항 4

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 야금학적 본딩 층이 상기 튜브형 금속 슬리브의 두께의 절반 보다 더 얇은, 비드.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 야금학적 본딩 층이 200 ㎛ 보다 얇은, 비드.

청구항 6

제 2 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연마재 층과 상기 튜브형 금속 슬리브 사이에서 공통되는 표면적에 대해서 취해진 상기 연마재 층을 상기 튜브형 금속 슬리브로부터 잡아 당기는데 필요한 전단력이 적어도 30 N/mm^2 인, 비드.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연마재 입자들이 다이아몬드, 입방체 붕소 질화물, 실리콘 탄화물, 알루미늄 산화물, 실리콘 질화물, 텅스텐 탄화물, 티타늄 탄화물 또는 이들의 혼합물들인, 비드.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 연마재 입자들이 100 내지 600 ㎛ 의 중간 크기를 가지는, 비드.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 금속 기질 재료가 은, 구리, 니켈, 코발트, 주석, 아연, 인듐의 그룹으로부터 취해진 금속들 중 적어도 하나를 포함하는, 비드.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연마재 입자들의 일부가 상기 비드의 외측 표면으로부터 돌출하는, 비드.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 돌출하는 연마재 입자들이 상기 금속 기질 재료의 유지 층에 의해서 유지되고, 상기 유지 층이 상기 돌출하는 연마재 입자들을 부분적으로 또는 전체적으로 커버하는, 비드.

청구항 12

제 9 항 또는 제 11 항에 있어서,

상기 금속 기질 재료가 크롬, 티타늄, 바나듐, 텅스텐, 지르코늄, 니오븀, 몰리브덴, 탄탈륨 및 하프늄을 포함하는 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 활성 금속들을 더 포함하는, 비드.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 활성 금속이 상기 다이아몬드 입자들 주위에 존재하는, 비드.

청구항 14

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 연마재 층의 금속현미경 단면에서, 상기 활성 금속이 풍부한 하나 이상의 계면 층들이 존재하는, 비드.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 연마재 입자들이 상기 야금학적 본딩 층과 상기 적어도 하나의 계면 층들 사이에 또는 상기 계면 층들 사이에 존재하는, 비드.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 계면 층들 사이의 평균 거리가 상기 연마재 입자들의 평균 크기의 0.1 내지 5배인, 비드.

청구항 17

제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 튜브형 금속 슬리브가 상기 슬리브를 폐쇄하기 위한 적어도 하나의 연결부를 더 포함하는, 비드.

청구항 18

스틸 코드 및 상기 스틸 코드에 의해서 지지되는 비드들을 포함하는 절삭 코드에 있어서, 상기 비드들 중 적어도 하나가 제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 따른 비드인 것을 특징으로 하는 절삭 코드.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본원 발명은 절삭 코드(cord)에서 이용하기 위한 비드에 관한 것이다. 그러한 절삭 코드들은 자연석(대리석, 화강암, 암석,...), 인공 석재(콘크리트, 벽돌,...), 복합 재료들 또는 결정 재료들(단결정 또는 다결정 실리콘)과 같은 경질 및 취성의 재료들을 컷팅하기 위해서 이용된다.

배 경 기 술

[0002] 다이아몬드 그릿(grit)이 매립된 금속 기질의 외측 연마재 층을 가지는 비드들은 이전 세기의 50년대의 초반에 최초로 개시된 것으로 보인다(예를 들어, 1952년에 출원된 US 2,679,839 참조). 그러한 비드들은 스틸 코드 상으로 줄로 배열되고(strung) 그리고 스프링들에 의해서(US 2,679,839 참조) 또는 플라스틱 재료에 의해서(1958년에 출원된 FR 1.203.000 참조) 분리된다. 플라스틱 재료는 또한 몰드의 도움에 의해서 비드들 사이로 주입될 수 있다(1959년에 출원된 FR 1.203.000, 제 1 부가(first addition)). 예를 들어, 핀에 의해서(1953년에 출원된 GB 759,505), 납땜(soldering)에 의해서(1960년에 최초 출원된 FR 1,265,542), 또는 스웨이징(swaging)에 의해서(1968년에 최초 출원된 US 3,598,101), 와이어를 스틸 코드로 직접적으로 고정하는(fixing) 아이디어들이 또한 연구되었다.

[0003] 초기에, 이러한 절삭 코드들은 정지형 절삭구들(saws) 상에서 이용되었고, 그곳에서 상기 코드들은 갱(gang) 절삭구들(다이아몬드 함유 비트들이 그 위에 장착되는 평행 장착된 강철 박판들을 가지는 왕복 구동되는 프레임들) 및 원형 디스크 절삭구들과 경합하였다. 예를 들어, 1953년에 출원된 US 2,773,495에 개시된 바와 같이, 스틸 코드를 접합함(splicing)에 의해서 그러한 절삭 코드가 폐쇄형 루프로 제조되었다. 모터에 의해서 구동되는 2개의 대형 휘일들 위에서 상기 루프에 인장을 부여(tensioning)한 후에, 코드가 절삭구으로서 사용될 수 있다. 이용가능한 현재 기술 수준의 기계들은, 80개까지의 루프들을 서로 평행하게 구동시켜 석재의 블록을 일련의 슬라브들로 분리할 수 있다. 다른 용도에서, 그러한 다이아몬드 비드 절삭 코드들은 이전 세기의 70년대 초반에 채석장들(quarries)에서 나타나기 시작했고, 여기에서 코드들은 블록 추출을 위해서 이용되었다.

[0004] 연마재 재료 - 대부분 다이아몬드 - 를 비드들 상에 고정할 수 있는 많은 수의 방법들이 연구되었다. 니켈의 전해 또는 무전해 침착(deposition)(WO 2002/40207)에 의해서 다이아몬드들을 금속 튜브에 부착하는 방법이 있다. 또한, US 7,089,925에 개시된 바와 같이, 금속 슬리브 상에 직접적으로 도포된 브레이즈(braze) 내로 연마재 입자들을 매립하는 방법이 있다.

[0005] 가장 성공적인 방법은 분말 야금의 경로를 통한 것이다(US 2,679,839에 이미 개시되어 있다). 이러한 목적을 위해서, 환형 연마재 요소가 다이아몬드 그릿으로부터 제조되며, 상기 다이아몬드 그릿은 금속 분말 및 페이스트를 형성하기 위한 선택적인 유기 왁스와 완전히 혼합된다. 통상적으로, 금속 분말의 혼합물은, 고화(consolidation)를 개선하기 위한 구리, 주석, 은과 같은 낮은 용융 온도 성분들과 종종 조합된, 코발트, 텅스텐, 철, 니켈과 같은 높은 용융 온도 성분들을 포함한다. 텅스텐 탄화물과 같은 가능한 화합물들을 첨가하여 비드의 경도 및 마모에 영향을 미칠 수 있다. 혼합물이 몰드 내로 도입된다. (몰드 내의 램(ram) 프레싱에 의한 또는 고압 유체 내의 침지를 통한 정수압(isostatic pressure) 인가에 의한) 압력 및 온도의 인가에 의해서, 이러한 예비 성형품(preform)이 고밀도 비드로 소결된다. 소결 중에 분말이 산화되는 것을 방지하기 위해서, 적절한 가스들이 인가된다.

[0006] 소결 프로세스에서, 환형 연마재 요소가 고온으로 가열되고, 이어서 서냉, 즉 준(quasi) 열적 평형 상태에서의 냉각이 후속된다. 합금의 모든 성분들이 용융될 기회를 가지지 못하는 경우에도, 융점 강하 성분들의 첨가가 확산을 통한 상이한 성분들 사이의 금속간 상들(phases)을 유도할 것이다. 그에 따라, 그러한 환형 연마재 요소의 금속현미경(metallographic) 단면은 구상(globular) 및/또는 과립형 조직을 나타낸다. 전통적인 비드 소결 프로세스에서, 충분한 기질 재료 경도를 획득하기 위해서 작은 결정립(grain) 크기들이 일반적으로 바람직하다. 시작 분말들의 성질들 및 그들의 고화를 위한 조건들을 변화시킴으로써, 이러한 결정립 크기에 영향을 미칠 수 있다. 어떠한 경우에도, 결정립들이 적절하게 에칭된 금속현미경 단면에서 여전히 관찰될 수 있고(visible) 그리고 방향성 성장 결과들은 관찰되지 않았다. 예를 들어, "Powder Metallurgy Diamond Tools" by Janusz Konstanty, Chapter 5, 2005, Elsevier Science Title, ISBN 978-1-85617-440-4를 참조할 수 있을 것이다.

[0007] 금속들, 다이아몬드들의 양 및 타입, 및 압력-온도 궤적의 선택은 최종 제품의 품질에 큰 영향을 미치는 제조자들의 내부 노하우이다.

[0008] 소결 후에, 환형 연마재 요소가 브레이즈에 의해서 연마재 요소 보다 약간 더 긴 금속 슬리브에 고정된다. 금속 슬리브의 연마재 요소와의 조합체가 비드로 지칭된다. US 2007/0194492 A1에 개시된 바와 같이, 연마재 요소를 충분히 정밀하게 형성함으로써, 연마재 요소를 고정하기 위한 금속 튜브의 필요성이 배제될 수 있다.

[0009] 소결된 비드들이 기술적인 선도자가 되었는데, 이는:

[0010] ■ 그 비드들이 충분한 두께의 연마재 층을 가지고,

[0011] ■ 다이아몬드들이 층 전체를 통해서 무작위로 매립되고,

[0012] ■ 다이아몬드들의 소모와 동일한 보조(pace)로 기질 재료가 마모되며,

[0013] ■ 기질 재료가 다이아몬드들을 양호하게 유지하고, 그리고

[0014] ■ 좁은 기하형태 공차들로 비드들이 반복적으로 제조될 수 있기 때문이다.

[0015] 그 후에, 비드들이 스틸 필라멘트 캐리어 코드('스틸 코드') 상으로 끼워지고 그리고 후속하여 스프링들 또는 플라스틱에 의해서 고정된다. 이러한 '끼움 단계'는 지루하고(tedious) 시간이 소요된다. 몰드 내에서의 가압으로 인해서 비드들의 표면이 매끄럽기 때문에, 비드들이 사용에 앞서서 반드시 '드레싱되어야(dressed)' 한다. 이는, 일반적으로, 연마재 입자들이 표면으로부터 드러나(freed from) 보다 잘 컷팅할 수 있게 될 때까지, 초기에 절삭 코드를 느린 컷팅 속도로 이용함으로써 달성된다. 그러한 '드레싱 단계'는 시간이 소요된다.

[0016] 레이저 크래딩(cladding)이라고 명명된, 연마재 층들을 생산하기 위한 다른 방법이 석재 컷팅을 위한 절삭구 블레이드들의 세계를 현재 잠식하고 있다. 레이저 크래딩에서, 캐리어 가스 스트림에 의해서 기판의 표면 상으로 집광된 고-강도 레이저 비임 내로 분말의 스트림이 공급된다. 그러한 분말은 금속 분말과 연마재 입자들(일반적으로 다이아몬드)의 혼합물이다. 분말이 용융되고 용융 금속의 풀(pool)을 형성하고, 그러한 풀이 응고되고 연마재 입자들을 고정한다.

[0017] DE 195 20 149 A1는 기판을 레이저-크래딩하기 위한 프로세스를 개시하며, 그러한 프로세스에서, 냉각된(또는 가열된) 몰드에 의해서, 연마재 또는 내마모성(abrasive or wear resistant) 표면의 거의 최종 마감(finish)이 형성될 수 있다. 크래딩이 몰드 상으로 적용되고, 그 후에 몰드가 제거된다. 상기 출원은 절삭구 블레이드와 같은 비교적 큰(bulky) 기판들 상에서의 침착에 대해서만 설명한다. 크래딩은 하나의 단일 층으로 실시된다.

[0018] WO 1999/18260(EP 1027476)는 금속 또는 금속 합금 기질을 포함하는 습윤제(wetting agent) 내에 매립된 연마재 재료를 포함하는 연마재 코팅을 가지는 스틸 기판 상에 구축된 컷팅 공구를 개시하며, 여기에서 연마재 코팅과 스틸 기판 사이에는 습윤제가 실질적으로 없는 비(non)-철계 층이 존재한다. 비록 요약서에는 절삭구 케이블이 컷팅 공구의 예로서 언급되고 있지만, 그러한 내용이 상세한 설명에 추가적으로 예시되어 있지 않다.

[0019] 레이저 크래딩에서, 용융 금속의 밀도에 대한 다이아몬드의 낮은 밀도로 인해서, 다이아몬드들이 용융 금속 내에서 위쪽으로 부유되고, 이는 다이아몬드들의 불-균질한 분포를 유도한다("Herstellung diamanthaltiger, endkonturnaher, Metallmatrix-Verbundwerkstoffe durch Laserstrahlbeschichten" by A. Lang and H.W. Bergmann in "Material-Wissenschaften und Werkstofftechnologie", Vol. 27 pp. 215-226, 1996의 도 16 참조). 하나의 해결책은 미세한 연마재 입자들을 이용하는 것이고, 이 경우에 금속 풀의 점성에 의해서 상향-부유가 감속된다. 그러나, 많은 기술적인 적용예들에서 -특히 석재 컷팅에서- 미세한 다이아몬드 입자들은 선택대상이 되지 못한다.

[0020] 다른 해결책이 WO 1998/15672에 설명되어 있으며, 여기에서 레이저 크래딩 공구가 수평 방향인 상태에서의 수직 기판 표면 운동의 특별한 배열은 침착된 층의 방향을 따른 다이아몬드 입자들의 상향 상승을 유도한다. 역시 침착은 하나의 층 내으로 이루어진다.

[0021] WO 02/06553는 레이저 크래딩 방법에 따른 절삭 비드들의 제조 방법을 개시한다. 그러한 방법으로부터 초래되는 야금학적 조직 및 이용되는 재료에 대한 구체적인 설명이 제시되어 있지 않다.

[0022] 절삭 비드를 획득하기 위해서는, 결과적인 지지(carrying) 튜브의 상당한 사전-프로세싱 및 사후-프로세싱이 요구된다.

[0023] 비록 개시된 레이저 크래딩에 의한 컷팅 공구 제조 방법이 종종 절삭 코드용 비드들을 제조하는데 적합한 것으로 제시되어 있지만, 본원 발명자들의 경험상, 그러한 것은 결코 간단하지 않은 것으로 확인되었다. 모든 특허들은 (절삭 디스크 또는 튜브와 같은) 큰(massive) 저탄소 스틸 기판 상에서의 레이저 크래드 연마재 층의 침착을 설명하고 있다. 그러한 경우들에서, 과다한 열을 제거(drain off)하기 위해서 큰 히트 싱크가 이용될 수 있다.

[0024] 본원 발명자들은 4가지 큰 문제들에 직면하였고 그리고 해결하였다:

[0025] - 하나의 문제는, 1 그램(!) 미만의 작은 금속 슬리브가 변형되지 않도록, 또는 전체적 붕괴상태로 완전히 용융

되지 않도록, 그러한 금속 슬리브로부터 열을 충분히 신속하게 제거하는 것이다. 다른 한편으로, 슬리브에 대한 강한 결합을 획득할 수 있도록 하기 위해서 그리고 조밀한(dense) 연마재 층을 형성할 수 있도록 하기 위해서, 충분한 열이 반드시 공급되어야 한다. 이를 '가열(heating) 문제'라 칭한다.

[0026] - '기하형태적 문제'로서, 그러한 기하형태적 문제에 의해서, 기하형태적 공차들 내에서 그리고 충분한 원형성(roundness) 및 중심성(centricity)을 가지고 비드들을 일정하게 생산하기 어렵다는 것이 확인되었다. 사용 중에 연마재 층의 균일한 마모를 보장하기 위해서 절삭 코드가 반드시 회전되어야 하기 때문에, 이러한 문제는 특히 중요하다.

[0027] - '입자 분포 문제'로서, 그러한 입자 분포 문제에 의해서, 연마재 코팅 내에서 연마재 입자들의 균일한 분포를 획득하기가 어렵다는 것이 확인되었다. 사용 중에, 기질 재료가 점진적으로 연마되어 층 내의 방사상 하부에 놓이는 다이아몬드들을 노출시키기 때문에, 이는 중요하다. 만약 모든 다이아몬드들이, 예를 들어, 표면 상에 존재한다면, 그들이 먼저 마모될 것이고 그리고 하부에 배치된 가용 다이아몬드 입자는 존재하지 않을 것이다.

[0028] - 드레싱 문제로서, 그러한 드레싱 문제는 연마재 입자들이 기질 재료의 층 아래에 묻히고 그리고 최초 사용부터 활성적이지 않다는 문제이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0029] 그에 따라, 본원 발명의 목적은, 절삭 코드용 절삭 비드들을 제조하기 위해서 '레이저 크래딩 기술'을 적용할 때 직면하는 문제들을 극복하는 것이다. 보다 구체적으로, 본원 발명의 목적들은 독립적인 또는 조합된 '가열 문제', '기하형태적 문제', '입자 분포 문제' 및 '드레싱 문제'에 대한 해결책을 제공하는 것이다. 본원 발명의 다른 목적은, 비드들의 제조 프로세스의 전체적인 비용을 절감하기 위해서, 프로세싱 단계들을 가능한 한 적게 유지하는 것이었다. 본원 발명의 추가적인 목적은 절삭 코드의 생산에서 '비드 끼움 단계'에 대한 필요성을 배제하는 것이었고, 다시 말해서 비드를 스틸 코드 상에서 '현장(in situ)' 제조할 수 있게 하는 것이었다.

과제의 해결 수단

[0030] 생산 방법 및 하드웨어 선택 섹션.

[0031] 도 1 내지 3 및 10을 참조하면 방법이 명확해질 것이다. 100 자리 숫자는 특징부들(features)이 최초로 도입되는 도면의 번호를 지칭한다.

[0032] 본원 발명의 제 1 양태에 따라서, 비드 생산 방법이 설명된다. 방법은 외경(OD)을 가지는 금속 튜브(204)로부터 시작된다. 가장 극단적인 경우에, 튜브가 막대(rod)가 될 수 있으나, 이는 비드가 생산된 후에 중앙 홀을 천공 가공하여야 하는 부가적인 단계를 필요로 하기 때문에 덜 바람직하다. 그에 따라, 금속 튜브는 바람직하게, 스틸 코드의 지름 보다 약간 더 큰 내경(ID)을 가진다. 이하의 설명에서 '슬리브'는 말하자면, 튜브의 외경의 10배 보다 약간 더 짧은 튜브이다. 따라서, '슬리브'는 '튜브'의 특정 종류이다. 현재의 절삭 코드들의 크기는 표준화되어 있다. 현재 비드들의 지지 슬리브에 대한 이하의 타입들이 가장 바람직하다:

[0033] - 1.6 그램의 총 질량에서, 내경 5 ㎜, 외경 7 ㎜(즉, 벽 두께가 1 ㎜이다), 길이 11 ㎜. 연마재 층을 포함하여, 비드가 약 9 내지 11 ㎜의 전체 지름을 가진다. 이는, 4.95 ㎜ 지름의 스틸 코드와 함께 사용하기 위한 것이다. 이러한 크기는 채석장들에서의 블록 추출에 특히 바람직하다.

[0034] - 0.77 그램의 총 질량에서, 내경 3.7 ㎜, 외경 5.0 ㎜ (즉, 0.65 ㎜의 벽두께), 11 ㎜ 의 길이. 이러한 크기는 슬라브 가공 기계들에서 특히 바람직하다. 비드의 전체 외경은 약 7.2 ㎜(사용 종료시(end-of-use)에 5.7 ㎜)이다. 사용되는 스틸 코드는 3.5 내지 3.6 ㎜의 지름을 가진다.

[0035] 앞으로는, 예를 들어, 0.5 그램 미만의 중량 및 7.0 ㎜ 미만의 전체 지름에서, 약 3.0의, 또는 심지어 2.5 ㎜ 미만의 내경, 최대 4.0 ㎜의 외경, 0.5 ㎜ 미만의 벽 두께, 약 11 ㎜ 또는 그 미만의 길이와 같은 보다 작은 지름의 슬리브들이 고려된다. 스틸 코드는 2.9 미만의 지름을 가질 것이다.

[0036] 각각의 경우에, 약 1 내지 3 그램의, 종종 1 내지 2 그램의 연마재 층이 슬리브 상에 존재할 필요가 있다. 물론, 연마재 층이 많이 적층될수록, 비드의 유효 수명이 보다 길어진다. 전술한 크기들 및 질량들은 설명적인(indicative) 것이다. 보다 작은 전체 지름들을 향하는 경향이 존재한다. 이는, 슬리브들이 보다 작아지게 하고 그에 따라 시작 튜브가 보다 작은 OD 및 벽 두께를 가지게 한다.

[0037] 튜브 상의 연마재 재료의 질량은, 방법의 적용 후에, 연마재 층으로 커버된 튜브 또는 막대의 질량 보다 더 크다. 또는 보다 심하게: 튜브 벽 두께가 연마재 층의 두께 보다 더 얇다. 이는, 그렇게 두꺼운 코팅을 그러한 작은 기판 상에 침착할 수 있는 방식을 본원 발명자들이 발견한 덕분이다.

[0038] 튜브는 선반 집게발(claw) 또는 드릴 척 또는 유사한 클램프(202)에 의해서 일 단부 또는 양 단부들에서 유지된다. 튜브는 바람직하게 회전가능하게 장착되고 그리고 선택적으로 튜브가 적어도 연마재 층의 길이(5 내지 15 mm)에 걸쳐 축방향으로 이동될 수 있다.

[0039] 방법에서, 이하를 구비하는 레이저 크래딩 시스템(100)이 이용된다:

[0040] - 바람직하게 스펙트럼의 적외선 영역에서 방출하는, 연속적인 또는 펄스형 파워의 적어도 100 W, 1 kW 또는 그 초과의 비임들을 전달할 수 있는 고강도 레이저. 플래시(flash) 램프들 또는 솔리드 스테이트 레이저들 또는 CO_2 가스 레이저들에 의해서 펌핑되는(pumped) Nd:YAG(네오디뮴 도핑형 이트륨-알루미늄 가넷(garnet)) 레이저들이 특히 적합하다. 기판 표면 부근에서 조정될 수 있는 집광 지점(103)을 가지도록, 레이저-광이 적절한 도파관들 및 광학장치들(112)을 통해서 안내된다;

[0041] - 레이저의 집광 지점 내로 급송되는 분말, 또는 와이어 또는 리본 형태의, 금속 기질 재료(104)의 공급. 분말은, 예를 들어, 캐리어 가스 내에서, 바람직하게 비-산화 가스 또는 아르곤과 같은 불활성 가스 내에서 공급될 수 있다.

[0042] - 연마재 입자(102)의 공급. 이러한 입자들은 바람직하게 캐리어 가스의 스트림에 의해서 이송된다. 바람직하게, 연마재 입자들을 이송하기 위한 그리고 금속 기질 재료를 이송하기 위한 가스의 타입이 동일하다. 대안적으로 그리고 또한 바람직하게, 연마재 입자(102)의 공급이 살포(strewing)에 의해서 단순하게 이루어질 수 있다.

[0043] 바람직하게, 금속 기질 분말(104)의, 연마재 입자들(102)의, 또는 레이저에 의한 열 입력의 공급부들 중 각각의 하나가 독립적으로 시간적으로 조절될 수 있고 그리고 분리된 급송 채널들을 통해서 이루어질 수 있다. 금속 기질 분말(104) 및 연마재 입자들(102)의 공급이 단일 급송 채널 내에서 조합될 수 있으나, 이러한 것이 필수적인 것은 아니다.

[0044] 특히 바람직한 과정에서, 형성된 트랙(track)의 평균 두께가 연마재 입자들의 평균(mean) 크기의 0.1 내지 5배 또는 0.5 내지 3배 또는 1 내지 3배가 되도록 금속 기질 재료의 공급부 및 연마재 입자들의 공급부를 구성한다. '평균 두께'는 연마재 입자들을 가로지르는 반경들을 배제한 규칙적인 각도 간격들의 방사상 방향을 따른 적어도 12개의 측정들의 산술적인 평균을 의미한다. 연마재 입자들 및 금속 기질 재료의 개별적인 공급부들의 각각에 대해서 요구되는 질량 유동은 양 성분들의 밀도들로부터 계산될 수 있다.

[0045] 바람직하게, US 6,316,744에 개시된 바와 같은 레이저 건에 의해서 캐리어 가스의 스트림이 지향되고, 여기에서 가스 유동이 레이저 비임에 대해서 동축적이 되고 그리고 원뿔형의 환형 노즐을 통해서 집광 지점을 향해서 수렴한다. 또한, 그러한 레이저 건은 노즐의 가열 방지를 위해서 물로 냉각된다. 연마재가 분리된 가스 유동을 통해서 또는 단순히 살포에 의해서 전달되는 동안, 금속 기질 재료가 레이저 건으로 공급될 수 있다. 그 대신에, 연마재 입자들이 레이저 건을 통해서 급송되는 동안, 금속 기질 재료가 레이저 건과 분리된 노즐을 통해서 전달될 수 있다. 또는, 연마재 입자들 및 금속 기질 재료 모두가 레이저 건을 통해서 공급될 수 있다. 바람직하게, 연마재 입자 및 금속 기질 재료가 매우 구분되는 분말 - 및 그에 따른 유동 - 성질들을 가지기 때문에, 연마재 입자 공급부 및 금속 기질 재료 공급부가 분리된다.

[0046] 집광 지점(103)이 튜브 표면(110)의 인접부 내에 있도록, 레이저의 광 경로가 조정된다. 특히 바람직한 방법의 실시예에서, 집광 지점(103)이 금속 기판 튜브의 표면 약간 위에(3 내지 10 mm) 형성된다. 이러한 방식에서, 기질 재료가 튜브의 표면 상에서의 충돌에 앞서서 가열된다. 이어서, 가열된 금속 기질 재료가 금속 튜브(204)에 보다 잘 점착된다.

[0047] 이러한 방식에서, 용융 금속(108)의 풀이 기판 튜브 상에 형성된다. 동시에 - 또는 약간 후에 - 연마재 입자들이 캐리어 가스에 의해서 이송되는 연마재 입자들(102)의 공급부에 의해서 또는 입자들의 중력 보조식 살포(strewing)에 의해서 용융 금속 풀 내로 투척된다.

[0048] 레이저 크래딩 시스템이 점화되기 전에도, 금속 튜브는 그 축 주위로 회전된다. 그 대신에, 레이저 건이 정지형 금속 튜브 축 주위로 회전될 수 있다. 또는, 튜브 및 레이저 건 모두가 서로에 대해서 상대적으로 회전될 수 있다. 물론, 제 1 대안이 가장 바람직한데, 이는 그러한 대안이 가장 덜 복잡하기 때문이다. 그에 따라,

금속 튜브와 레이저 크래딩 시스템의 상대적인 회전 운동(209)이 구축된다.

[0049] 레이저 크래딩 시스템이 시작되자 마자, 응고된 기질 금속 재료의 트랙(206)이 튜브 상에 형성된다. 레이저의 점화와 연마재 입자들의 도달 사이의 약간의 지연에 의해서, 제 1 연마재 입자들이 내부로 투척되기 전에 용융 금속 풀이 구축될 수 있게 된다. 만약 레이저 건이 금속 튜브에 대해서 축방향으로 이동되지 않는다면, 트랙이 자체적으로 해당 루프들을 구축할 것이다. 재료는 - 일 회전 후에 - 이미 응고된 재료 상에 침착될 것이다. 이는, 레이저 건의 노즐이 충분히 넓은 트랙을 전달하는 경우에 즉, 트랙의 폭('W')이 대략적으로 비드의 길이가 되는 경우에, 특히 바람직하다. 레이저 크래드 트랙들의 프로파일들은 전체적으로 타원형으로부터 직사각형까지의 분포를 나타내며, 그에 따라 그들의 폭들이 용이하게 구축될 수 있다. 트랙의 폭이 상대적인 운동의 방향에 대해서 수직인 레이저 스폿의 크기와 관련된다. 도 10a는 슬리브(1012)와 함께 그리고 자체적으로 나선형으로 권취되어 후속 층들(1004, 1004', 1004^{IV} 크래드)이 서로 상하로 배치되어 있는 단일 트랙 초래하는 단일 트랙과 함께 비드의 단면을 도시한다.

[0050] 만약 레이저 건의 노즐이 비드들을 위해서 필요한 폭을 커버하지 않는다면, 상대적인 축방향 운동(211)을 도입하는 것이 선택사항이 된다. 바람직하게, 한 번의 완전한 회전 후의 축방향 변위 - 피치 - 가 트랙의 폭('W') 이하가 된다. 바람직하게, 피치는 폭('W')의 일부, 예를 들어, W/2, W/3,...또는 일반적으로 W/Q(Q 는 양의 유리수(positive rational number)이다)가 된다. 따라서, 연마재 층이 적어도 'Q' 층들에 의해서 형성될 것이고, 그 중 제 1 층(206)이 전체 층에 걸쳐서 금속 튜브와 접촉하는 한편, 후속 층들(208, 210, 212, 214, 216...)은 금속 기판과 접촉하는 그들의 트랙 폭의 1/Q 이하만을 가질 것인 한편, 나머지 부분(Q-1)/Q은 이미 형성된 트랙의 상단부 상에 위치된다('중첩'). 중첩 증가는 연마재 층 내의 연마재 입자 분포에 대해서 유리한 영향을 미친다('입자 분포 문제'). 도 10b는, Q가 3인 또는 W/3에 걸쳐서 축방향으로 천이된 트랙들(1004, 1004',..., 1004^{V})을 갖는 비드의 개략적인 단면을 도시한다.

[0051] 다른 방법 과정에서, 선택적인 병진운동이 단계적인 이동으로 실시된다. 제 1 트랙은, 충분한 재료가 비드의 시작 섹션 상에 구축될 때까지 상대적인 축방향 이동이 없는 상태에서 튜브의 몇 번의 회전들에 걸쳐 크래딩된다. 이어서, 레이저 건이 많은 수의 간격들에 걸쳐서 축방향으로 이동되고, 그러한 각각의 간격은 미리 규정된 속도로 미리 규정된 길이를 커버한다. 최종적으로, 레이저 건의 운동이 다시 중단되고 그리고 일부 중첩 회전들(turns)이 비드의 단부에서 이루어진다. 이러한 방식에서, 연마재 층의 질량이 비드의 길이에 걸쳐 마음대로 펼쳐질(spread) 수 있다. 이러한 것의 예가 도 10c에 도시되어 있고, 여기에서 상이한 트랙들이 서로로부터 트랙 폭(W)으로 이동된다. 2개의 층들(예를 들어, 1004, 1004')이 서로 상하로 침착된다.

[0052] 바람직하게, 연마재 층을 형성하기 위한 시간은 약 10 초 미만, 5초 미만 또는 심지어 3초 미만으로 제한된다. 그러나, 현재 이용되는 치수의 단일 연마재 층을 만드는데 적어도 0.5초가 소요될 것이다. 적어도 5 ㎜/초의 원주방향 튜브 속도('v_t')에 도달하도록, 튜브의 상대적인 회전 속도를 가져야 한다. 이는, 6 ㎜ 외경 튜브 상에서 약 4초에 1회전에 상응한다. 회전 속도가 보다 더 높은 것, 예를 들어 2초의 레이저 크래드 시간에 1회전, 또는 2초의 레이저 크래드 시간에 2, 3, 4, 5,... 회전인 것이 보다 바람직하다. 이는, 적어도 9, 18, 28, 37,... ㎜/초의 원주방향 튜브 속도들에 상응한다. 초당 회전 수를 증가시키는 것은 튜브의 열적 부하(loading)에 유리한 영향을 미친다. 다른 한편으로, 형성되는 용융 금속 풀이 원심력들로 인해서 슬리브로부터 회전 분리되기 때문에, 원주방향 튜브 속도는 너무 빠를 수 없다. 이는, 500 ㎜/초를 초과하는 원주방향 속도가 6 ㎜ OD 슬리브 상에 적용될 때 발생된다. 보다 작은 슬리브들의 경우에, 회전-분리(spin-off)를 방지하기 위해서 이러한 원주방향 속도가 보다 낮을 필요가 있다. 예를 들어, 4 ㎜ OD에서 슬리브 'vt'는 받드시 410 ㎜/초 미만으로 유지되어야 한다.

[0053] 비드가 형성된 후에, 즉 약 3 내지 15 ㎜의 연마재 층의 전체 축방향 길이에 걸친 약 1 내지 3 ㎜ 의 두께에 도달할 때, 튜브의 크래딩이 중단되고 그렇게 형성된 비드가 냉각되게 한다(도 2d).

[0054] 대안적인 실시예에서, 튜브의 크래딩의 중단은 단계적으로 실시되고, 즉 비드를 냉각시키기 전에 튜브의 적어도 1 회전 동안 금속 기질 재료의 유동을 지속시키면서, 연마재 입자들의 공급을 먼저 중단한다. 선택사항으로서, 이러한 튜브의 마지막 1 회전 중에 레이저 비임이 '온' 또는 '오프'될 수 있다. 어떠한 상황에서도(레이저 비임의 '오프' 또는 '온'), 연마재 입자들을 보다 양호하게 부착시키기 위해서 최종 커버가 연마재 입자들 상으로 아래로 내려진다(put down). 레이저 비임이 '오프'일 때, 여전히 고온인 비드가 보다 신속하게 냉각된다. 결과적인 비드는, 비드의 표면으로부터 돌출하나 입자들을 유지하기 위한 금속 기질 재료의 작은 층으로 유지되는 연마재 입자들을 나타낸다. 그러한 비드는, 비드의 '드레싱'을 필요로 하지 않고 그에 따라 '드

레싱 문제'를 해결하는 특별한 장점을 가진다.

[0055] '기하형태 문제'를 극복하기 위해서, 본원 발명자들은, 일 측부에서, 튜브의 단부 위에 성형편(forming piece)(304)을 도입하였고 그에 따라 직사각형의 주변부 모서리를 형성하였으며, 그러한 모서리에 대해서 연마재 층이 구축된다. 성형편을 분리한 후에, 비드의 양호한 날카로운 엣지가 얻어질 수 있다. 튜브의 양 단부 상에 그러한 성형편(304, 306)을 위치시킬 때, 비드의 연마재 층의 양 단부들이 편평해진다. 그러한 성형편들(304, 306)은 연마재 층의 형성 중에 존재한다.

[0056] 성형편들(304, 306)은 링 형태일 수 있고, 또는 보다 바람직하게 적어도 최종 비드 지름의 지름까지 개방될 수 있고 그리고 폐쇄시에 튜브에 밀접하게 체결될 수 있는 (둘 이상의 세그먼트들(segments)을 가지는) 세그먼트형 링일 수 있다. 예를 들어, 연마재 층의 일 측부 또는 양 측부들에 하나 이상의 돌출부들 또는 하나 이상의 리세스들을 부여하도록, 성형편들이 성형될 수 있다.

[0057] 하나의 또는 양 단부들에서의 성형편들(304, 306)에 대해서 추가적으로 또는 대안적으로, 레이저 크래딩의 중단 후에, 그러나 비드의 완전한 냉각에 앞서서, 여전히 연성인 비드를 몰드 내에서 교정(calibrating)함으로써 성형할 수 있다. 그러한 몰드는 2개의 절반부들이 형태를 취할 수 있고, 그러한 절반부들은 폐쇄 후에 비드에 대해서 최종 형상을 부여한다. 가능하게는, 비드의 회전 대칭성을 개선하기 위해서, 비드가 몰드 내에서 유지되는 동안 튜브를 회전시킬 수 있다.

[0058] 튜브의 하나의 또는 양 단부들에서 성형편들(304, 306)을 제공하는 것 대해서 추가적으로 또는 대안적으로, 상기 레이저 크래딩의 중단 후에 그러나 비드의 완전한 냉각 이전에, 회전 몰드(308), 예를 들어, 롤을 비드에 대해서 미는 것에 의해, 비드가 또한 성형될 수 있다. 회전 몰드(308)는 반드시 비드에 대해서 유지되어야 하고 그리고 비드의 적어도 하나의 전체 둘레에 대해서 비드 위에서 롤링되어야(rolled) 한다.

[0059] 회전 몰드(308') 및/또는 상기 성형편(304, 306)에 구조화된(structured) 패턴을 제공함으로써, 이러한 패턴의 음각(negative)이 비드의 연마재 층의 외측 표면(성형된 회전 몰드(308')의 경우)으로 또는 측부들(성형편들이 성형되는 경우)로 부가될 수 있다.

[0060] 링들 및/또는 몰드의 점착 문제가 발생된다. 이러한 것을 방지하기 위해서, 본원 발명자들은, 몰드 부분들을, 예를 들어, 폴리싱된 황동 또는 다른 구리계 합금(구리 베릴륨)과 같은 광택 금속 재료로 제조하는 것이 바람직하다는 것을 발견하였다. 이러한 부분들의 높은 반사율은 레이저 비임에 의해서 그 부분들이 가열되는 것을 방지한다.

[0061] 방법의 추가적인 바람직한 실시예에서, 기판 튜브가 예를 들어 선반 척(202)에 의해서 일 단부에서 유지되고, 연마재 코팅(220)이 전술한 방법들 중 임의 방법에 따라서 튜브(204) 상에서 레이저 크래딩된다. 그렇게 형성된 비드가 끌(chisel) 또는 절삭구(218)에 의해서 컷팅된다. 튜브(204)는 레이저 크래딩 장치 아래에서 선반 척(202)을 통해서 축방향으로 진행되고 그리고 사이클이 반복된다. 이러한 방식에서, 비드들이 만들어질 수 있고, 그러한 비드들이 공지된 방식으로 스틸 코드 상에서 추가적으로 스레딩될 수 있다.

[0062] 대안적으로, 선반 척(202)이 성형편(304)의 롤을 취할 수 있다. 이어서, 레이저 크래딩이 선반 척에 대해서 시작되고 그리고, 비드가 형성된 후에, 튜브가 적어도 비드의 길이에 걸쳐 진행된다. 이어서, 비드가 끌 또는 절삭구에 의해서 컷팅된다. 새로운 사이클을 시작하도록, 튜브의 새로운 피스가 이미 존재하게 된다. 선택적으로, 비드의 양 측부들을 형성하기 위해서, 제 2 성형편(306)이 튜브의 자유 단부 주위로 폐쇄될 수 있다. 비드의 마감 후에, 성형편(306)은 바람직하게 비트의 통과를 허용할 수 있을 정도로 충분히 개방되어야 한다.

[0063] 대안적으로, 일련의 연마재 층들이 튜브 상에 침착될 수 있고, 추가적으로 연마재 층의 폭이 코팅될 때마다 튜브를 점진적으로 단차이동(stepping)한다. 그 후에, 튜브가 개별적인 비드들로 컷팅될 수 있다.

[0064] 튜브 상에서의 과다한 열 부하를 방지하기 위해서 튜브를 냉각시키는 것이 매우 유리한 것으로 확인되었다. 이는, 수많은 방식으로 이루어질 수 있다.

[0065] - 튜브가 회전되는 동안 유체가 튜브를 통해서 공급(driven)될 수 있다. 유체는 가스 또는 액체일 수 있다. 예를 들면, 질소 또는 물이 있다. 유량이 조정될 수 있다. 가스들은, 그 가스들을 수집하여야 할 필요가 없다는 장점을 가지나, 액체 보다 더 큰 유량의 가스가 필요하다.

[0066] - 열의 일부를 흡수하는 고체가 튜브를 통해서 이동될 수 있다.

[0067] 냉각을 실시하기 위한 특히 편리한 방식은 스틸 코드 - 이는 추후에 비드들에 대한 캐리어 코드로서 기능할 것

이다 - 를 튜브를 통해서 이동시키는 것이다. 이러한 방식에서, 비드들은 코드 상에 있는 동안 생성되고, 그에 따라 추후에 비드들을 스틸 코드 상에 끼워야하는 단계를 배제한다. 또한, 스틸 코드의 온도가 너무 상승하지 않도록, 스틸 코드가 전후로 이동될 수 있다. 스틸 코드의 온도가 낮을수록 바람직하다: 열전달이 개선되고(냉각을 위해서는 큰 온도차가 유리하다) 그리고 코드에 대한 손상이 감소된다.

[0068] 튜브들을 레이저 크래딩으로 코팅하기에 앞서서, PCT/EP2010/067527(특히 식별번호 [0016] 내지 [0018])에 개시된 바와 같은 예비적인 단계에서 튜브가 스틸 코드 주위로 가압 및 연결될 수 있다.

[0069] 비록 연마재 입자들을 포함하는 금속 기질들을 이용한 레이저 크래딩이 공지되어 있지만, 이러한 방법들은 드릴 보어들, 절삭구 블레이드들, 연마 블레이드들, 및 튜브들 등과 같은 큰(bulky) 금속 기판들 사에서만 실시된다. 레이저 크래딩 프로세스 중에 코팅으로부터 프로세스 열을 배출할 수 있도록 하기 위해서 그러한 큰 금속 기판들이 필요할 것이라는 편견을 당업계에서 가지고 있는 것으로 보인다. 튜브형 슬리브의 질량이 매우 작음에 따라, 원주방향 속도('v_t')와 함께 매우 작은 냉각 속도('dT/dt')가, 슬리브가 코팅 프로세스를 견딜 수 있는지 또는 그렇지 않은지의 여부를 결정할 것이다. 그와 대조적으로, 슬리브와 연마재 층들(206) 사이의 야금학적 본딩 층(207)을 형성하기 위해서 그리고 후속 층들(208, 210,...)을 서로 통합시키기 위해서, 충분한 양의 열이 필요하다. 이러한 요건들은 모순적이나, 전술한 방법에 의해서 조정될 수 있고, 그에 따라 '가열 문제'를 해결한다 . 놀랍게도, 본원 발명자들은, 개시된 코팅 방법이 절삭 비드들의 생산을 위해서 사용될 수 있다는 것을 발견하였고, 여기에서 연마재 층의 질량은 상기 연마재 층에 의해서 커버되는 금속 튜브 또는 막대의 질량 보다 더 크다. 연마재 층 아래의 방사상 튜브의 질량만이 고려되어야 한다. 커버되는 튜브의 질량은 1 그램 미만이 될 수 있을 것이다.

[0070] 또는 심지어: 금속 튜브 벽 두께가 연마재 층의 두께 미만이다. 물론, - 이용 중에 - 연마재 층의 대부분이 연마되어 없어짐에 따라, 사용되지 않는 비드의 두께를 고려하여야한다.

[0071] 재료 선택 섹션.

[0072] 바람직하게, 기판으로서 사용되는 금속 튜브는 금속 기질 재료의 융점 보다 높은 융점을 가지는 금속 또는 금속 합금으로 제조된다. 특히 선호되는 금속들은 보통 탄소(plain carbon) 스틸들 또는 스테인리스 스틸이다. 바람직한 것은, 저탄소 내지 중탄소 스틸 즉, 카본 함량이 0.04 중량% 내지 0.80 중량% 탄소인 스틸이다. 기판은 긴 튜브 형태로 공급될 수 있다. 또는, 본원 출원인의 PCT/EP2010/067527(보다 특히, 식별번호 [0016] 내지 [0018])에 개시된 바와 같이 형성되고 그리고 캐리어 스틸 코드 주위로 연결된 짧은 슬리브들 형태로 기판이 공급될 수 있다. 이어서, 슬리브들이 연결부를 나타낸다. 금속 튜브의 벽 두께는 1 ㎜ 미만, 심지어는 0.7 ㎜ 보다 얇은 한편, 0.3 ㎜의 벽 두께를 가지는 슬리브들 에서도 본원 발명자들은 성공적인 테스트를 실시하였다. 본원 발명자들은, 0.2 ㎜ 또는 심지어 0.1 ㎜ 의 벽 두께도 가능한 것으로 믿는다. 바람직하게, 슬리브들은 스틸 코드를 덮는 폴리머와의 보다 양호한 결합력(grip)을 제공하기 위해서 스레딩과 같은 내부 홈을 구비한다. 그에 따라, 슬리브들의 '벽 두께'는 스레딩의 내부 피크들을 포함하는 것으로 이해된다. 추가적으로, 폴리머의 보다 양호한 침투를 위해서, 슬리브는 변화되는 벽 두께 - 예를 들어 단부들에서 가장 얇고, 중간에서 가장 두꺼운 벽 두께 - 를 가질 수 있을 것이다.

[0073] 레이저 크래딩 시스템과 함께 이용하기에 적합한 금속 기질 재료들의 많은 공지된 합금들이 존재한다. 연마재 입자들에 의해서 부여된 제약들(constraints)에서, 400 ℃ 내지 900 ℃의 용융 온도들을 가지는 합금이 보다 바람직하다. 이러한 합금들은, 주요 합금 원소로서 은, 구리, 니켈 또는 코발트를 포함한다. 추가적으로, 주석, 아연, 또는 심지어 인듐과 같은 용융 온도 강하 원소들이 첨가될 수 있다. 니켈의 경우에, 인, 실리콘, 또는 붕소와 같은 비-금속들이 용융 온도 감소를 위해서 이용될 수 있다.

[0074] 특히 바람직한 것은 황동(주요 원소들로서 구리 및 아연) 및 청동(주요 원소들로서 구리 및 주석)이며, 청동이 가장 바람직하다. 다른 바람직한 합금들은 Ag-Cu, Ag-Cu-Zn, 또는 Ag-Cu-In과 같은 은계 합금들이다. 또한, Ni-Cr-P, Ni-Cr- Fe-Si-B, 또는 Ni-Cr-Si-Mn과 같은 니켈계 합금들도 바람직한 합금들이다. 이러한 합금들은 연마재 사용과 기질 마모 사이의 양호한 균형을 제공한다. 만약, 기질이 너무 빨리 마모된다면, 연마재 입자들이 완전히 사용되지 않은 상태로 분리될 것이고, 이는 조기의 공구 마모를 유도할 것이다. 반대로, 만약 기질의 내마모성이 너무 크다면, 연마재 입자들이 컷팅을 위해서 충분한 정도로 돌출하지 않을 것이고, 이는 너무 느린 절삭 속도들을 초래한다.

[0075] 크롬, 티타늄, 바나듐, 텅스텐, 지르코늄, 니오븀, 몰리브덴, 탄탈륨, 하프늄, 또는 이들의 조합들과 같은 부가적인 활성 금속을 포함하는 합금들이 가장 바람직하다. 이들 중 크롬, 지르코늄, 바나듐, 또는 티타늄이 보다

바람직하고, 상기 티타늄이 가장 바람직하네 이는 그 티타늄이 가장 낮은 융점을 가지기 때문이다. 이러한 금속들은 2가지 방식으로 작용한다:

[0076] ■ 그 금속들은 침착 중에 연마재 입자들의 습윤을 개선하는 것으로 알려져 있다; 그리고

[0077] ■ 탄소 함유 연마재(이하 참조)와 함께 조합되어 양호하게 작용하는 탄화물 형성제들이다.

[0078] 가장 바람직한 청동들은 5 내지 30 중량% Sn, 0.5 내지 15 중량% Ti, 나머지 구리를 포함한다. 최적의 결과들은 10 내지 20 중량% Sn 및 2 내지 10 중량% Ti, 그리고 나머지 구리를 포함하는 청동들로 얻어졌다. 예를 들면, 전체 중의 중량%로서 모두 표현된, 14% Sn, 8% Ti, 나머지 구리를 포함하는 합금이 있다.

[0079] 가능한 연마재 입자들은 다이아몬드, 입방체 붕소 질화물, 실리콘 탄화물, 알루미늄 산화물, 실리콘 질화물, 텅스텐 탄화물, 티타늄 탄화물 또는 이들의 혼합물이다. 탄소 함유 입자들 - 다이아몬드, 실리콘 탄화물, 텅스텐 탄화물, 티타늄 탄화물 또는 이들의 혼합물들 - 이 보다 바람직한데, 이는 그들이 전술한 모든 활성적인 금속들에 의해서 용이하게 습윤될 수 있기 때문이다. 질화물들(즉, 입방체 붕소 질화물, 실리콘 질화물)이 티타늄으로 최적으로 습윤된다. 가장 바람직한 것은 인공 또는 천연 다이아몬드(즉, 거의 순수한 탄소)이고, 낮은 비용으로 인해서 인공 다이아몬드가 보다 바람직하다.

[0080] 활성 금속을 금속 기질 재료 내로 첨가하는 것에 대한 대안으로서, 활성 금속이 또한, 예를 들어, 다이아몬드의 경우에, 연마재들의 표면 상에 제공될 수 있다. 텅스텐, 크롬, 또는 티타늄 함유 코팅으로 코팅된 다이아몬드 입자들을 이용할 수 있다.

[0081] 금속 기질 재료 내에 또는 연마재 입자들 상에 활성 금속이 존재하지 않을 때, 연마재 입자들이 용융 금속으로 용이하게 습윤되지 않을 것이다. 이는 심지어, 연마제 입자들이 금속 풀과 충돌할 때 용융 금속 풀의 메니스커스(meniscus)에서의 연마재 입자들의 '되튀어 오름(bouncing back)'을 유도한다.

[0082] 일반적으로, 100 ㎛ 내지 600 ㎛의 크기를 가지는 입자들이 이러한 방법에서 이용될 수 있다. 석재 컷팅을 위한 입자들은 바람직하게 큰 그릿 즉, US 메시 크기(Mesh size) 30/40, 메시 크기 40/50 또는 메시 크기 50/60 (메시 크기들은 US 표준 ASTME 11에 따른 것이고, 숫자가 클수록 입자들이 작다)의 넓은 범위의 그릿 크기들을 가지는 큰 그릿이다. 절삭 비드들을 위해서 가장 바람직한 것은 메시 크기 40/50이다. 40 메시 체(sieve)는 420 ㎛ 크기의 정사각형 개구부들을 가지고, 그 개구부들을 통해서 그보다 작은 크기의 입자들이 통과된다. 그러한 보다 작은 입자들의 일부가 297 ㎛ 측부(side; 변)의 정사각형 개구부들을 가지는 50 메시 체에 의해서 유지될 것이다. 나머지 입자들의 평균 크기는, 모든 메시 크기에 대한 평균 크기를 지정하는 FEPA(Federation of European Producers of Abrasives)에 따른 그릿 크기 지정 시스템에서 약 427 ㎛ 가 된다.

[0083] 일반적으로, 연마재들의 밀도는 선호되는 금속 기질 재료들의 밀도 보다 낮으며: 예를 들어 청동들은 일반적으로 8 내지 9 g/cm^3 의 밀도를 가지는 한편, 다이아몬드는 단지 3.5 g/cm^3 의 밀도를 가진다. 연마재 입자들이 비교적 크고 그들의 큰 부력이 입자들의 점성 유동에 의해서 방해받지 않기 때문에, 입자들은 용융 금속 풀 내의 표면을 향해서 부유될 것이다. 입자들의 크기가 약 100 ㎛ 보다 작을 때, 용융 금속의 점성에 의해서 그 입자들이 표면을 향해서 부유되지 않을 것이고, 그에 따라 다이아몬드들의 분포가 '제위치(in place)'에서 동결(frozen)된다. 그에 따라, 재료의 벌크 전반을 통해서 균일하게 분포된 큰 연마재 입자들을 가지는 것이 문제가 되고: '입자 분포 문제'가 된다. 본원 발명자들은 서로의 상하에 몇 개의 중첩되는 층들을 침착함으로써 이러한 문제를 해결하였고, 그에 의해서 각 층의 평균 두께가 연마재 입자들의 평균 크기의 0.1 내지 5 배 또는 0.5 내지 3 배 또는 1 내지 3 배가 된다. 각각의 트랙에서, 다이아몬드는 상향 부유하는 경향이 있으나, 금속 합금의 동결이 충분히 신속하여 다음 트랙이 상단부에 침착되기 전에 트랙이 응고된다. 이는, 반경 방향을 따른 균일한 입자들의 분포를 초래한다.

[0084] 비드 특성화(characterising) 섹션

[0085] 본원 발명의 제 2 양태에 따라서, 전술한 프로세스로부터 초래된 비드가 청구된다. 비드는 금속 기질 재료 내에 매립된 연마재 입자들을 포함하는 연마재 층에 의해서 둘러싸인 튜브형 금속 슬리브를 가진다. 비드에 관한 특성은, 그 비드가 금속현미경 단면에서 수지상 미세조직을 가진다는 것이다.

[0086] 전술한 본원 발명의 프로세스에 의해서 제조된 비드들은, 공지된 소결 프로세싱(3면 9행 내지 20행 참조)을 통해서 획득된 비드들에 대비하여, 구분되는 금속현미경 사진을 보여준다. 레이저 크래딩에 의해서 침착된 층들은 금속 기질 재료, 액체-고체 계면에서의 온도 구배, 및 응고 속도에 따라서 상이한 금속현미경적 조직들을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 느린 응고 속도 및 큰 온도 구배는 금속 원소들이 균일하게 합금화된 평면형 조직을

초래할 수 있을 것이다. 동일한 응고 속도에서 온도 구배를 작게 하는 것은 세포상(cellular) 타입의 조직을 초래할 수 있을 것이고, 여기에서 하나의 상은 낮은 융점을 가지는 다른 상의 세포들 내에서 유지된다.

[0087] 절삭 비드에서 사용하는 것에 대한 본원 발명자들의 선호 조직은 수지상('나무-모양') 금속현미경적 조직이고, 그러한 조직은 충분히 빠르나 너무 빠르지는 않은 냉각 속도들 및 최소 원주방향 속도로 얻어진다. 바람직한 레이저 크래딩 조건들에서, 금속 풀 내의 금속 합금들의 성분들은 열적 평형에 도달할 기회를 가지지 못한다. 공간적인 큰 온도 구배의 존재로 인해서, 고체의 바람직한 금속간 상을 충족시키기 위해서, 성장하는 고체 상이 잉여 용매 성분들을 액체 내로 미리 방출하기 위한 가장 효과적인 방식을 모색할 것이다. 이러한 방출은, 고체가 나무 형태로 성장하고 그에 따라 용매 추방을 위해서 대부분의 표면을 이용할 수 있는 경우에, 가장 효과적인 것으로 확인되었다. 그에 따라, 나무의 줄기 및 분지들이 높은 응고 온도를 가지는 금속간 상에 의해서 형성될 것인 한편, 수지-간 상(inter-dentritic phase)은 낮은 응고점을 가지는 성분 또는 금속간 상이 될 것이다. 원주방향 속도('v_t')에 비례하는 응고 속도를 높임으로써, 미세조직이 정제(refine)될 수 있다. 미세조직의 미세도(fineness)는 또한 레이저 크래딩 층들의 내모마성 및 경도에 기여하는 것으로 간주되고: 조직이 미세할수록(finer) 내마모성이 커진다. "Laser Cladding" by E. Toyserkani, A. Khajepour and S. Corbin, Chapter 6, 2005, CRC Press, ISBN 0-8493-2172-7 참조.

[0088] 다이아몬드들의 마모에 따라서 금속 기질 재료가 반드시 마모되어야 하기 때문에, 미세조직의 미세도는 절삭 비드들에 있어서 특히 중요하다. 레이저 크래딩에 의해서 획득된 완전히 합금화된 또는 세포상 타입의 미세조직 재료들을 이용하는 것은, 목적에 부합되지 않는 너무 연성인 금속 기질들을 초래할 것이다. 조직의 미세도는, 예를 들어, 금속현미경 단면으로부터 취해진 많은 수의 프레임들에서 나무의 '줄기'와 같은 수지상 조직의 가장 큰 특징부를 측정함으로써 정량화될 수 있다. 작은 배율(10X)로부터 시작하여, 가장 큰 조직을 식별한다. 줄기의 시작과 종료를 하나의 프레임에서 볼 수 있도록 배율을 확대한다. 줄기가 하나의 화면(view)에서 중단없이 보여질 수 있어야 한다. 단부로부터 단부까지의 거리가 적절한 화상처리(imaging) 소프트웨어에 의해서 측정될 수 있다. 바람직하게, 10개의 상이한 프레임들에서 획득된 최대 줄기 길이는 300 ㎛ 미만으로 유지되며, 그렇지 않을 경우에 조직이 너무 연성이 된다. 보다 더 바람직하게, 이러한 줄기들은 200 또는 100 ㎛ 보다 짧거나 심지어 50 ㎛ 보다 짧다. 일반적으로, 줄기들은 약 5 내지 10 ㎛의 길이까지 관찰될 수 있다. 만약 발견된 최대 줄기 길이가 1 ㎛ 미만이라면, 그러한 조직은 본원의 목적을 위한 수지상으로 더 이상 간주되지 않는다.

[0089] 금속 기질 재료는 식별번호 [0073] 내지 [0078]에서 구체화된 바와 같은 선택들과 관련하여 선택된다.

[0090] 레이저 크래딩 기술을 이용하는 추가적인 장점은, 야금학적 본딩 층(207)이 금속 슬리브와 연마재 층 사이에 형성된다는 것이다. 이는, 연마재 층을 튜브에 납땜하여야 할 필요성을 배제한다. 본원 발명자들은, 예상되는 크래딩 합금들로 양호한 본드를 획득하는 것이 완전히 가능하였다는 것을 발견하였고: 연마재 층의 조성과 상이한 조성의 접착제 층으로 기판을 먼저 크래딩할 필요가 없다. 그에 따라, 튜브형 슬리브와 연마재 층 사이에서 야금학적 본딩 층(207) 내에 형성되는 합금은 슬리브의 금속 성분들 및 연마재 층의 금속 성분들 만으로 이루어진다.

[0091] 연마재 층의 접착성은 축방향 인장 테스트에서 슬리브로부터 연마재 층을 전단시킴으로써 테스트될 수 있다. 연마재 층과 슬리브 사이에서 공통되는 표면적과 관련될 때 연마재 층을 슬리브로부터 잡아 당기는데 필요한 전단력은 적어도 30 N/mm^2, 또는 바람직하게 50 N/mm^2 초과가 되어야 한다. 당김-분리력들(pull-off forces)이 70 N/mm^2 또는 100 N/mm^2 초과에 도달하였다.

[0092] 바람직하게, 연마재 입자들의 일부가 - 기껏해야 - 야금학적 본딩 층을 침투할 수 있다. 연마재 입자들이 슬리브의 가까운 근접부 내에 균일하게 또는 슬리브 내에 균일하게 존재함에 따라, 이는, 연마재 층이 슬리브까지 아래로 거의 마모될 때까지 비드들이 사용될 수 있게 한다. 종래 기술의 비드들에서 이러한 것이 가능하지 않은데, 이는 비드의 지름의 일부 방사상 거리를 취하는 연마재 층과 슬리브 사이의 땜납의 이용 때문이다.

[0093] 본딩 층은 매우 얇게 유지될 수 있다. 바람직하게, 본딩 층이 튜브형 슬리브의 벽 두께의 절반 미만 심지어는 1/3이 된다. 절대 척도(absolute scale)에서, 비록 약 20 내지 10 ㎛와 같이 50 ㎛ 보다 얇은 야금학적 본딩 층들을 이용할 때 양호한 결과들이 얻어지지만, 본딩 층이 200 ㎛ 또는 150 ㎛ 보다 더 얇거나, 100 ㎛ 보다 더 얇은 것이 바람직하다. 너무 얇은 - 0.1 ㎛ 보다 얇은 - 본딩 층은 슬리브 유지력에 대한 감소된 연마재 층을 초래할 것이고 그리고 비드의 조기의 실패를 초래할 것이다.

[0094] 바람직한 연마재 입자들은 식별번호 [0079] 및 [0080]에 기재된 바와 같은 크기를 가지는 식별번호 [0082] 및 [0083]에 개시된 것과 같은 연마재 입자들이다. 연마재 층 내에 존재하는 연마재 입자들의 양은 비드에 의해서 절삭하고자 하는 재료 및 연마재 입자들의 타입에 따라 달라진다. 일반적으로, 연마재 층의 부피에 대해서 취해진 10 내지 2000 mg/cm^3 의 양이 요구된다. 보다 바람직하게, 10 내지 1000 mg/cm^3 이다. 다이아몬드의 경우에, 이는 0.05 내지 10 ct/cm^3(1 캐럿 즉, 'ct' 는 200 mg이다), 또는 심지어 0.05 내지 5.0 ct/cm^3 과 같이 캐럿으로서 표현된다. 다이아몬드의 경우에, 이는 연마재 층의 0.28 to 57 부피% 또는 0.28 내지 28 부피%의 양이 된다.

[0095] 또한, 연마재 입자들의 혼합물들이 사용될 수 있다. 특히 바람직한 연마재 입자들의 혼합물들은 [텅스텐 탄화물 또는 실리콘 탄화물]을 가지는 다이아몬드 또는 [텅스텐 탄화물 또는 실리콘 질화물]을 가지는 입방체 붕소 질화물이다.

[0096] 절삭 비드의 특히 바람직한 실시예는, 연마재 입자들의 일부가 비드의 외측 표면으로부터 돌출하는 것이다. 바람직하게, 입자들이 금속 기질 재료의 유지 층 내에서 유지된다. 연마재 입자들은 비드의 주변 표면으로부터 그들의 평균 크기의 0.5 내지 0.1 배 돌출한다. 너무 많이 돌출하는 입자들은 금속 기질 유지 층에 의해서 충분히 유지되지 못한다. 연마재 입자들이 금속 기질 재료 내에 너무 깊게 매립되는 경우에, 그 연마재 입자들은 절삭을 위해서 쉽게 이용될 수 없다. 유지 층은 바람직하게 연마재 입자들의 평균 크기의 0.5배 보다 얇고 심지어는 보다 바람직하게 0.2배 보다 얇다. 층이 너무 두꺼우면, 연마재 입자들이 처음 사용시에 충분히 빨리 드러나지 않을 것이다. 연마재 입자들의 돌출하는 엣지들 또는 모서리들의 일부가 실제로 전부 커버되지 않는 한편, 입자의 나머지가 커버되기 때문에 금속 기질 유지 층에 대한 최소치가 존재하지 않는다. 그러한 절삭 비드는 사용에 앞서서 드레스될 필요가 없다.

[0097] 바람직하게, 비드는 식별번호 [0075] 내지 [0077]에 설명된 바와 같은 금속 기질 재료와 연마재 입자들 사이의 본드를 개선하기 위한 활성 금속을 포함한다.

[0098] 본원 발명자들은 이러한 활성 금속이 비드들 전반을 통한 다이아몬드들의 분포를 개선하는데 도움이 된다는 것을 발견하였다. 사실상, (튜브형 금속 슬리브의 축과 교차하는 또는 포함하는 임의 평면, 예를 들어, 축에 대해서 수직인 평면을 따른) 금속현미경 단면들은 활성 금속이 풍부한 매우 얇은 계면 층들의 존재를 보여준다. 이러한 계면 층들은 바람직하게 5 ㎛ 보다 얇고, 보다 바람직하게 2 ㎛ 보다 얇다. '풍부한 활성 금속(rich in active metal)'은, 계면 층 내의 활성 금속의 원자적 양(abundance)이 전체 금속 기질 재료 내의 활성 금속의 전체적인 원자적 양의 적어도 2배라는 것을 의미한다.

[0099] 이러한 계면 층들은 레이저 크래딩 프로세스 중에 트랙의 이전의 침착된 부분 상에 침착된 트랙의 상이한 루프들을 나타낸다. 그러나, 이러한 계면 층들이 어떻게 형성되는지는 알려져 있지 않다. 그러나, 본원 발명자들은, 연마재 입자들이 계면의 방사상 바로 아래에 보다 많이 존재하고 그리고, 많은 경우들에서, 연마재 입자들의 면이 반응성 금속에 의해서 습윤된다는 것을 관찰하였다. 따라서, 연마재 입자들이 금속 본딩 층과 제 1 계면 층 사이에 또는 제 1 및 제 2 계면 층(존재하는 경우)에, 그리고 기타 등등에 존재한다.

[0100] 따라서, - 해당 가설에 의해서 어떠한 방식으로도 구속됨이 없이 - 활성 금속이 용융 풀 내에서 연마재 입자들을 유지하는데 도움이 되고 그리고 바람직하게 용융 풀의 외부에 존재한다는 것이 추정된다. 이는, 활성 금속들이 일반적으로 용융 금속 풀의 다른 성분들의 밀도 보다 낮은 밀도를 가지기 때문에 합리적이지 않다. 신속한 응고 후에, 연마제 입자들은 마치 피부에 의해서 유지되는 것과 같이 응고되는 금속 풀 내부에서 유지된다. 따라서, 계면 층들은 연마재 입자들을 제위치에서 유지하는데 도움을 주고 그리고 그 입자들이 위로 부유하는 것을 방지한다. 이러한 방식으로, 비교적 큰 연마재 입자들로 레이저 크래딩 층들을 침착할 때에 발생되는 것으로 알려진 '입자 분포 문제'가 극복된다. - 연마재 입자를 가로지르지 않는 적어도 12개의 반경들에 걸쳐 측정할 때 - 야금학적 본딩 층과 제 1 계면 층 사이의 또는 계면 층들 자체의 사이의 평균 거리는 바람직하게 연마재 입자들의 평균 크기의 0.1 내지 5배 또는 0.5 내지 3배 또는 1 내지 3배이다.

[0101] 트랙의 침착 중에, 레이저 크래딩 시스템과 튜브 사이에 상대적인 축방향 운동이 있을 때, 일 회전 후의 피치가 트랙의 폭 보다 적은 경우에 트랙이 그 자체적으로 권양된 실질적으로 나선형의 트랙을 나타낼 것이다. 비드에서, 이러한 프로세스의 나머지들을 비드의 축에 대한 계면 층들의 경사(inclination)로 볼 수 있다. 모든 경계 층들이 실질적으로 동일한 방향으로 경사진다. 계면 층들이 원뿔형 나사선(helix)을 형성한다. 물론, 계면들은 매끄럽지 않으나, 이러한 전반적인 경사가 존재하고 그리고 추적될 수 있다(traceable).

[0102] 만약 활성 금속 코팅으로 미리-코팅된 연마재 입자들이 이용된다면, 이러한 활성 금속 코팅은 비드 내의 연마재

입자 상에서 구분가능하게 유지된다. 이러한 활성 금속들이 연마재 입자(식별번호 [0080])의 하나 이상의 원소들에 대해서 큰 친화도(affinity)를 나타내기 때문에, 이는 금속 기질 재료에 대한 연마재 입자의 부착을 크게 개선한다.

[0103] 본원 발명의 제 3 양태에 따라서, 전술한 바와 같은 또는 전술한 비드 생산 방법을 통해서 획득된 적어도 하나의 비드(404) 및 스틸 코드(408)를 포함하는 절삭 코드(400)(도 4)가 청구된다. 절삭 코드(400)는 비드들(404)을 제위치에서 유지하기 위한 폴리머 재킷(402)을 더 포함한다. 그러한 코드는 PCT/EP2010/067527에 개시된 바와 같은 방식으로 또는 통상적인 방식으로 생산될 수 있다.

[0104] PCT/EP2010/067527에 따라서 생산될 때, 절삭 코드의 적어도 하나의 비드는, 청구된 모든 다른 특징부들에 더하여, 스틸 코드 주위로 슬리브를 폐쇄하기 위한 적어도 하나의 연결부가 슬리브 내에 존재하는 특징부를 가지는 튜브형 금속 슬리브를 가질 것이다.

[0105] 본원 발명의 제 4 양태에 따라서, 전술한 바와 같은 비드들의 이용 및 상기 방법들에 따라 제조된 바와 같은 비드들의 절삭 코드에서의 이용이 청구된다.

[0106] 비드들의 특히 바람직한 이용 방식은, 비드(404)가, 절삭 코드의 이용 중에, 계면 층들의 경사에 의해서 표시된 바와 같은 방향(406)을 따라 구동되는 것이다. 단순하게 설명하면: 경사진 계면 층들은, 비드가 어떻게 바람직하게 이용되는가를 나타내는 화살표를 형성한다. 이러한 방향은, 계면 층들이 절삭되는 작업 피스(410) 내로의 진입에 의해서 충격(impact)을 받지 않기 때문에, 특히 바람직하다.

도면의 간단한 설명

[0107] 도 1은 레이저 크래딩 시스템의 동작 원리를 도시한다.

도 2a 내지 2e는 비드를 생산하기 위한 방법 내의 여러 단계들을 도시한다.

도 3a 내지 3d는 비드를 생산하기 위한 방법의 여러 가지 대안적인 실시예를 도시한다.

도 4는 비드가 실제로 어떻게 최적으로 이용되는지를 설명한다.

도 5a 및 5b는 설명된 방법에 의해서 생산된 비드를 2개의 상이한 배율들의 금속현미경 단면으로 도시한다.

도 6은 상기 방법에 의해서 생산된 비드의 주사전자 현미경적 상세도를 도시한다.

도 7은 여러 가지 관심 대상의 특징부들을 나타낸, 비드의 연마재 층의 단면을 도시한다.

도 8은 레이저 크래딩 방법에 의해서 생산된 절삭 비드의 개략적인 단면을 도시한다.

도 9a 및 9b는 비드의 마이크로 컴퓨터 단층(tomography) 스캔의 개별적인 사진들이다.

도 10a, 10b 및 10c는 비드 내의 층들의 상이한 배열들을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0108] 이하에서는, 본원 발명을 실시하기 위한 가장 바람직한 모드만을 설명하는데, 이는 이러한 조건들에 도달하기 위해서 많은 수의 실험들을 하여야 하기 때문이다.

[0109] 일련의 시행들에서, 이하의 타입의 장비를 이용하였다:

[0110] ■ 레이저 크래딩 시스템

[0111] - 다이오드 레이저 '1030 ㎛의 파장에서 연속적인 모드로 1300 W에서 동작하는 Laserline LDF 3 kW'.

[0112] - Laserline GmbH가 제조한, 분말이 동축적으로 급송되는 'Balliu';

[0113] - 메디 코트 듀오(Medicoat Duo) 분말 호퍼

[0114] - 가스 공급: 아르곤.

[0115] 금속 기질 재료 및 연마재 입자들이 동일한 아르곤 가스 유동을 통해서 급송되었다. 레이저 비임 및 연관된 가스 유동이 하향 방향인 상태에서 레이저 건을 수직 위치에서 이용하였다.

[0116] ■ 레이저 크래딩 시스템이 3.2 mm/s까지 선반(lathe)의 축방향을 따라서 이동될 수 있다.

[0117] 입자들의 급송속도가 모든 후속 실험들에서 동일하게 유지되었고, 결과적으로 일정한 재료 플럭스'Φ_m'를 초래하였다.

[0118] 기판으로서, 내경이 3.8 mm이고 외경이 4.95 mm이며 길이가 10 mm인 저탄소 스틸(0.067 중량% C)로 제조된, 용접된 연결부를 가지는 슬리브가 이용되었다(벽 두께 0.575 mm). 기판은 폴리싱된 황동 포밍(forming) 피스들 사이에서 유지되었다. 슬리브를 통해서, 지름이 3.75 mm 인 19+6x7 아연도금(galvanised) 스틸 코드를 삽입하였고 그리고 레이저 크래딩을 통해서 서서히 이동시켰다.

[0119] 이하의 재료들이 이용되었다:

[0120] - 금속 기질 재료: Sn 14중량%, Ti 8 중량%, 및 나머지 Cu (및 불가피한 불순물들)의 공칭(nominal) 조성을 가지는 청동 분말. 분말의 크기는 75 ㎛ 보다 작았다.

[0121] - 415 ㎛의 측정된 평균(mean) 크기를 가지는 인공(man-made) 다이아몬드 입자들 메시 40/50.

[0122] *먼저, 선반을 시동시켜 슬리브를 일 회전(회전 기간 'T')에 대한 약 0.25초로 회전시켰으며, 이는 6.3 mm/s의 트랙 속도를 초래한다. 스폿 크기가 3.8 mm인 레이저의 집광점을 슬리브 표면 위의 약 7 mm로 셋팅하였다. 그에 따라, 재료 유동이 슬리브와 충돌하기 전에 이미 가열되었다.

[0123] 기질 재료 분말 급송은 4 리터/분의 가스 유량을 가지는 65%로 셋팅되었고, 연마재 입자 급송은 5 리터/분의 가스 유량을 가지는 25%로 셋팅되었다. 레이저 점화 후에, 금속 용융 풀이 형성되고 그리고 다이아몬드 입자들이 용융 금속 내로 주입되었고, 이는 고속 카메라로 관찰될 수 있다. 용융 금속 풀의 외부로의 다이아몬드 입자들의 사출이 발생되지 않았다. 형성된 트랙의 폭이 4.0 mm 였다.

[0124] 튜브와 레이저 건 사이의 축방향 운동은 다음과 같다:

표 1

[0125]

시간 간격 (초)	상대적인 축 속도 (mm/s)	중첩 분율(fraction) Q (%)	회전의 수
0.00 내지 1.10	0	100	4.4
1.10 내지 1.51	3.2	80	1.6
1.51 내지 2.55	2.4	85	4.2
2.55 내지 2.64	3.2	80	0.4
2.64 내지 3.64	0	100	4.0

[0126] 레이저 크래딩 시스템 정지 후에, 여전히 고온인 재료가 회전되는 동안 여전히 고온인 재료에 대해서 황동 롤을 푸싱(pushing)함으로써 표면을 편평화(even)하였다. 이는 비드의 기하형태를 크게 개선하였다.

[0127] 최종 냉각 후에, 척을 개방하였고 그에 따라 형성된 비드가 캐리어 스틸 코드 상에 형성되었다. 스틸 코드에 대한 열 손상을 수용가능한 것으로 확인되었다. 비드는 여전히 스틸 코드 상에서 천이(shift)될 수 있었다. 몇몇 비드들이 이러한 과정에 따라서 제조되었고 그리고 자동화에 적합한 것으로 확인되었다.

[0128] 그에 따라 형성된 비드 상의 연마재 층의 전체 두께는 1.53 mm(즉, 슬리브의 벽 두께의 2.7 배)였고, 이는 외경이 8.0 mm 이고 연마재 층의 전체 축방향 길이가 6 mm인 비드를 초래하였다. 비드의 전체 질량은 1.7 그램이었고, 슬리브는 그중 0.64 그램을 취하였다. 슬리브의 10 mm의 전체 길이 중의 6 mm만이 커버됨에 따라, '연마재 층에 의해서 커버된 튜브의 질량'이 0.38 그램이 된다. 연마재 층은 1.06 그램의 질량을 가지고, 이는 연마재 슬리브에 의해서 커버된 튜브 질량의 2.79 배이다. 비드들은 1.86 내지 2.00 carat/cm^3(부피에 대한 질량)의 다이아몬드 농도를 가졌다.

[0129] 금속현미경 단면에서, 레이저 크래딩에 의해서 획득된 비드들은 소결을 통해서 획득된 비드들로부터 확인된 것에 대비하여 구별되는 야금학적 조직을 나타냈다. 이러한 조직이 도 5a 및 5b에 디스플레이되어 있으며, 그러한 도면들 평면의 축을 포함하는 평면을 따라 컷팅된 비드의 폴리싱된 단면들이다. 에칭제로서 이하의 것들이 이용될 수 있다:

[0130] ■ 85 ml H_2O 내의 10 ml 플루오르화수소산 40%, 5 ml 질산 65%:

[0131] ■ 100 ml H_2O 내의 10 g 수산화나트륨, 5 ml 과산화수소 30%.

[0132] 도 5a는 100 X 배율의 에칭 표면 사진을 도시한다. 바아 '200 ㎛'는 특징부들의 실제 크기를 표시한다. 사진의 하부 하단부는 기판에 상응한다. 수지상 조직들이 전체 사진을 통해서 보여진다. 수지상 조직(양치류(fern)와 상당히 유사함)의 예가 '502'로서 표시되어 있다. 줄기(stem)는 그 줄기에 대해서 수직인 측부들의 여러 분지들과 구분될 수 있다. 구분가능한 가장 긴 줄기는 단부로부터 단부까지 약 200 ㎛이다. 또한, 계면 층들을 확인할 수 있을 것이며, 그 예가 '508'로 표시되어 있다. 다른 계면 층을 사진의 우측 상단 모서리에서 볼 수 있을 것이다.

[0133] 도 5b는 동일한 단면의 1000 X 확대도로서, 이는 특징부들의 실제 길이를 보여주는 '20 ㎛' 바아로 표시된 바와 같다. 다시, 계면 층(510)이 보여질 수 있게 유지된다. 나무-형상의 조직은 백색 줄기들, 분지들로 분해되고, 그리고 그 사이에서 상이한, 보다 어두운 수지-간 상(inter-dentritic phase)을 볼 수 있을 것이다. 그에 따라, 조직은 적어도 이러한 2개의 확대도에서 자체적으로-유사한 조직을 보여준다.

[0134] *도 6은 바아 '90 ㎛'에 의해서 표시된 배율의 주사전자현미경(SEM) 사진을 도시한다. 다이아몬드 입자(602)를 명확하게 볼 수 있다. 기질 재료(604)는 다시 전형적인 수지상 조직을 보여준다. 계면 층(608)이 사진을 통해서 대각선 방향으로 연장되고 그리고 '610'에서 다이아몬드 표면과 접촉한다. 에너지 분산형 X-레이 분석(EDX)은, 계면 층에 티타늄이 풍부하다는 것을 보여주며, 그 풍부한 티타늄은 티타늄의 벌크(bulk) 농도(중량%)의 2배 이상이다. 계면 층이 ('610'에서) 다이아몬드와 접촉하는 곳에서, EDX 스펙트럼들은 티타늄 탄화물의 형성을 보여준다.

[0135] 도 7은 또한 축방향 단면의 SEM 사진을 도시한다. 다시 상이한 계면 층들(706, 708) 및 다이아몬드 입자(702)가 구분될 수 있다. 이는, 다이아몬드 입자들이 계면 층들 바로 아래에 방사상으로 존재하려는 경향이 있다는 관찰의 예이다. 이는, 다이아몬드들이 계면 층들에 의해서 제위치에서 유지되는 것과 같은 것이다. 따라서, 다이아몬드들이 계면 층들 사이에 존재한다. 숫자들 245.35, 394.70, 346.71 및 320.28 ㎛는 기질 재료(704) 내에 형성된 상이한 층들의 두께들이다. 층의 394.70 ㎛ 두께는 그 층이 유지하는 다이아몬드(702)의 크기의 0.5 내지 3배라는 것을 주목하여야 한다. 보다 중요하게, 사진은 20 내지 30 ㎛의 두께를 가지는 야금학적 본딩 층(710)을 보여준다. EDX는, 야금학적 본딩 층이 슬리브와 금속 기질 재료 사이에 존재하는 금속 요소들의 혼합물이라는 것을 보여준다.

[0136] 연마재 층이 U-클램프(방사상 압력이 없다) 내에서 유지되고 슬리브가 볼트에 의해서 외부로 당겨지는(pulled out) 축방향 인장 테스트들은, 슬리브가 외부로 이동할 때까지 8357 N 및 10359 N을 나타냈다. 종래 기술의 비드들에 대한 비교 테스팅은 5 내지 12 kN를 나타냈다. 슬리브와 연마재 층 사이에서 공통되는 표면적과 관련하여, 이는 각각 89 N/mm^2 및 110 N/mm^2 의 전단력이 된다.

[0137] 도 8은 만들어진 비드들 중 하나의 개략적인 단면을 도시한다. 다이아몬드들(802)은 다이아몬드의 중간 주변부들 내의 표면으로부터 돌출한다. 표면 돌출 다이아몬드들(802)은, 그들의 중간 주변부들에 대해서 취해진 금속 기질 재료 내로 그들의 크기의 0.5배 초과로 매립된다. 다이아몬드들은 금속 기질 재료의 유지 층(820)에 의해서 부분적으로 또는 완전히 커버된다. 돌출 다이아몬드들은 드레싱 단계를 불필요하게(superfluous) 만든다. 또한, 연마재 층(804)을 슬리브(810)에 본딩하는 야금학적 본딩 층(810)이 표시되어 있다. 다이아몬드들이 계면 층들(808) 사이에 존재하고 그리고 상기 경계 층들 사이의 그 층들의 두께는 다이아몬드들의 평균 크기의 절반 내지 2배이다.

[0138] 도 9a는 마이크로 컴퓨터-단층 스캔(μCT)에서 얻어진 비드 축에 수직인 평면의 비드의 단면을 도시한다. 이러한 사진은 비드의 기하형태적 원형성 및 연마재 층을 통한 다이아몬드들의 균일한 방사상 분포를 명확하게 보여준다. 이는, 비록 다이아몬드들의 크기가 약 400 내지 500 마이크론이지만, 다이아몬드들을 표면으로 밀어내는 경향이 있는 부력(buoyancy force)을 그 다이아몬드들이 받지 않는 것으로 보인다는 점에서 주목할 만하다. 본원 발명자들은 이러한 것이, 활성 금속의 계면 층들이 다이아몬드들을 상향 부유하는 것을 방지하여 다이아몬드를 해당 층 내에서 캡쳐한다는 사실과 조합될 수 있는, 연마재 층의 층상형 침착에 기인하는 것으로 가설적으로 추측한다. 이러한 방식에서, '입자 분포 문제'가 해결된다.

[0139] 도 9b는 비드의 단면의 다른 사진으로서, 다이아몬드들이 야금학적 본딩 층까지 아래쪽으로 존재한다는 것을 도

시한다. 다이아몬드들이 층들 내에 배열되려는 경향이 가지는 것으로 보여지며, 그러한 경향은 상이한 침착 층들 때문일 수 있다.

[0140] 일부 비드들에 대해서 "Proceedings of the 11th International conference on Ground Control in Mining", University of Wollongong, July 1992에서의 "Progress in the knowledge of granite cutting with diamond wire" by A. Bortolussi, A. Caranassios, R. Ciccu, R. Lassandro, P.P. Manca 및 G. Massacci에서 설명된 바와 같은 단일 비드 컷팅 테스트를 실시하였다. 이러한 테스트에서, 단일 비드를 5N의 수직력(normal force)으로 회전하는 석재 디스크(지름이 30 cm이고 폭이 3 cm인 화강암 디스크)의 외측 측부에 대하여 푸싱하였다. 둘레 속도는 20 내지 30 m/s로 조정될 수 있다. 또한, 비드가 초당 약 1 회전으로 그 자체의 축 주위로 회전되었다. 물을 냉각재로서 비드와 석재 사이로 주입하였다. 비드의 마모를 절삭된 면적의 함수로서 측정하였다. 슬리브까지 비드가 마모될 때까지, 절삭을 계속하였다.

[0141] 이하의 결과들은 상업적으로 이용가능한 비드들과의 비교에서 획득된 것이다.

표 2

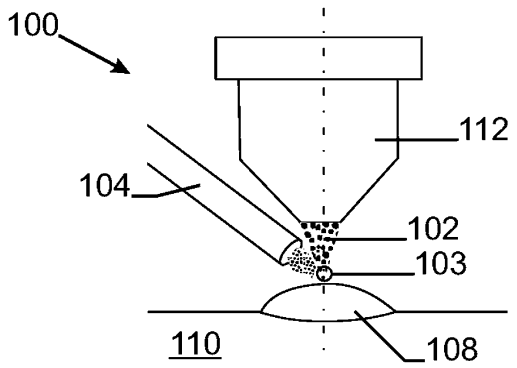
[0142]

	종래 기술 비드	본원 발명의 비드
초기 외경(mm)	7.1(*)	7.1
최종 외경(mm)	6.6	6.55
절삭된 표면(cm^2)	550	600
평균 절삭 속도(mm/분)	0.25 내지 0.50	0.50 내지 1.00

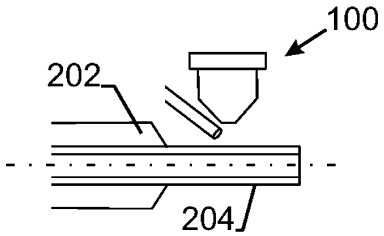
[0143] (*) 테스트 시작전에 비드를 드레싱하였다.

도면

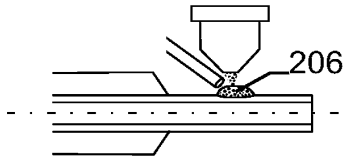
도면1



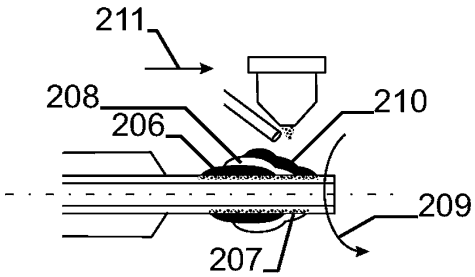
도면2a



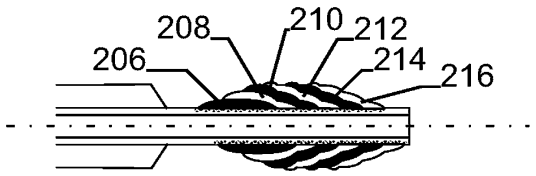
도면2b



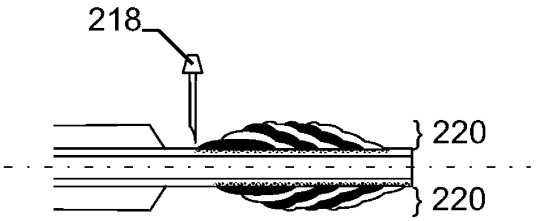
도면2c



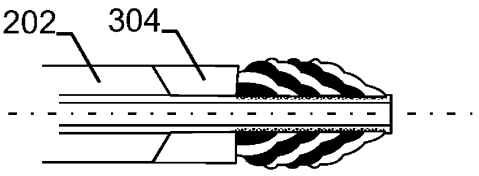
도면2d



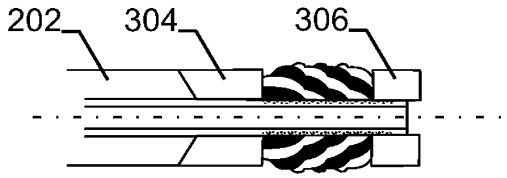
도면2e



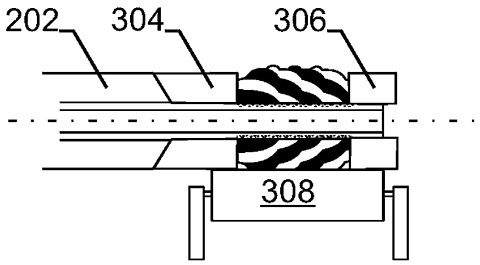
도면3a



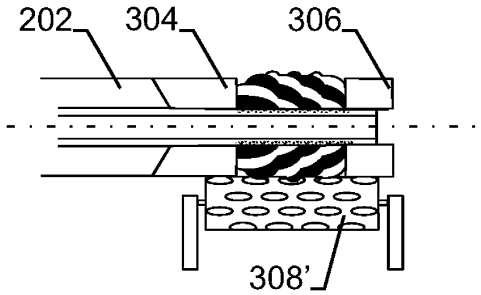
도면3b



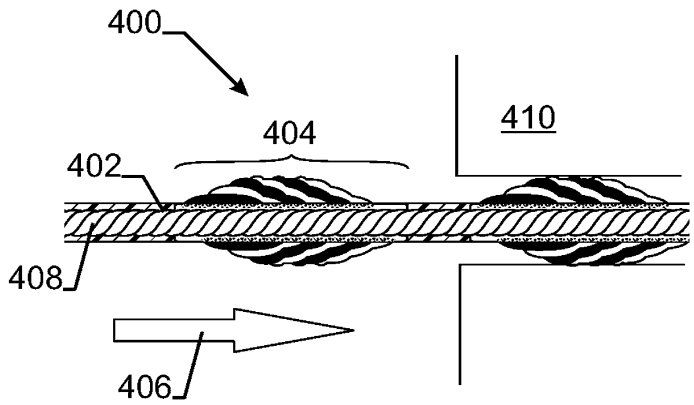
도면3c



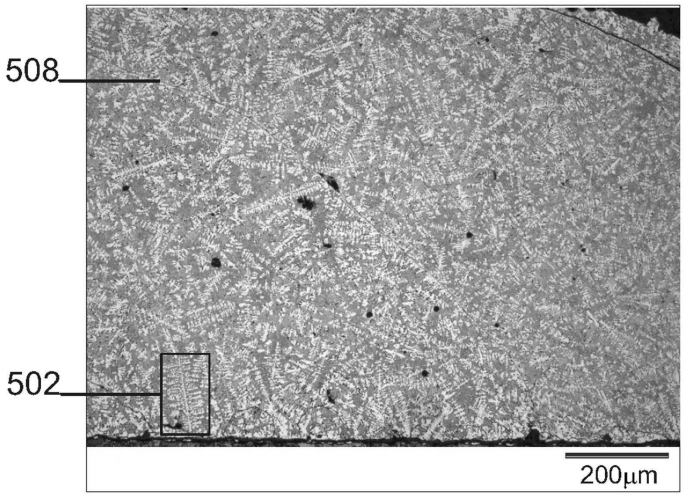
도면3d



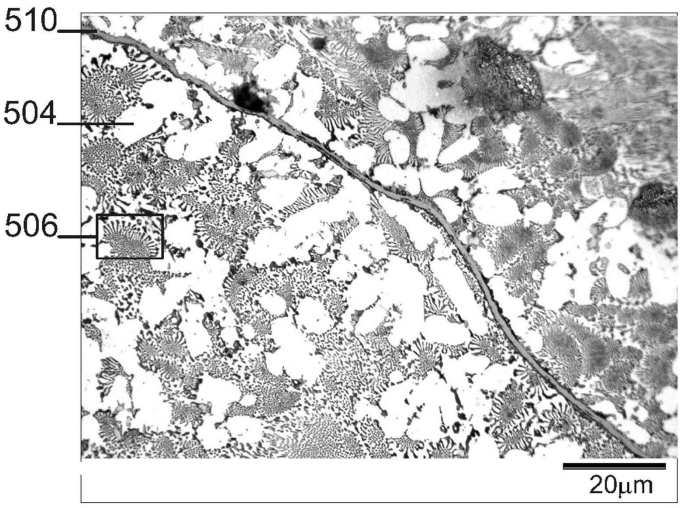
도면4



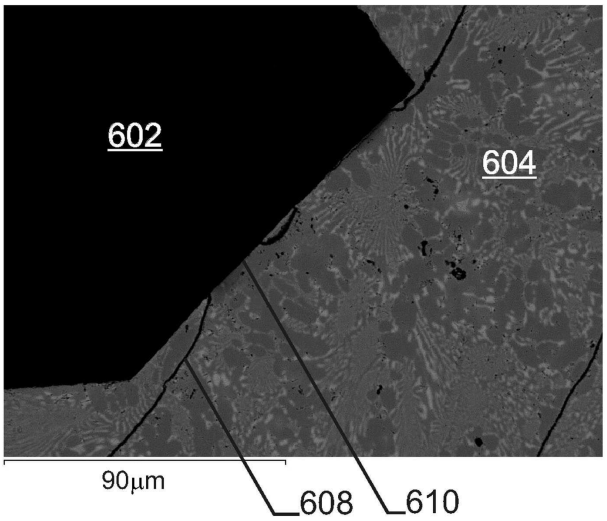
도면5a



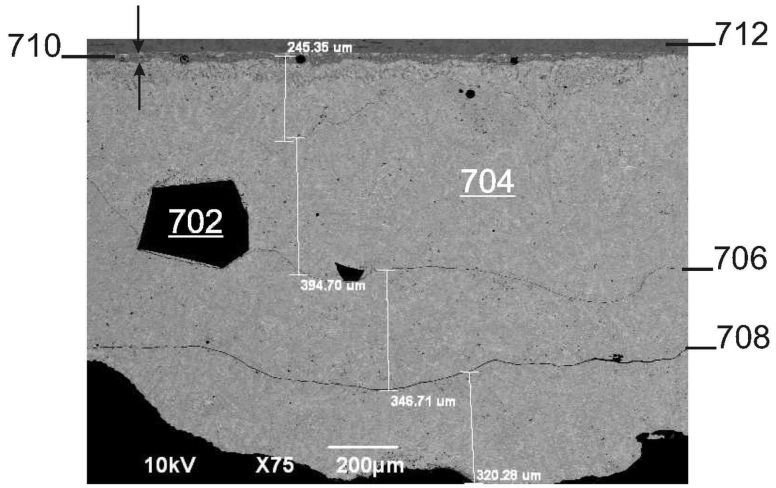
도면5b



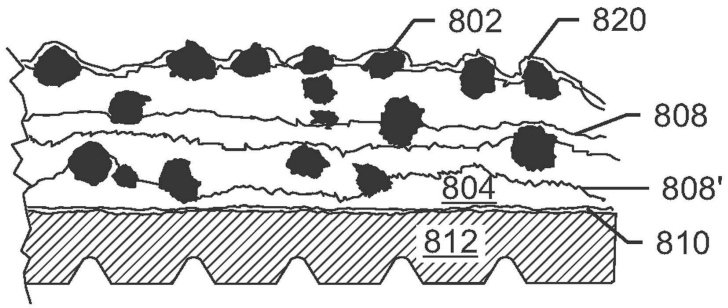
도면6



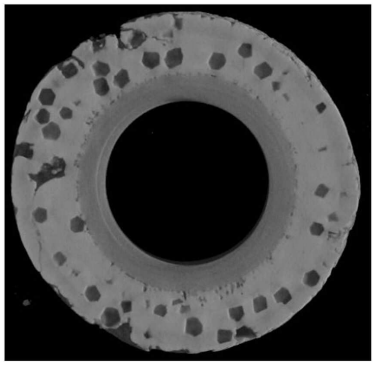
도면7


710
712
245.35 um
704
702
706
394.70 um
708
346.71 um
10kV
X75
200μm
320.28 um

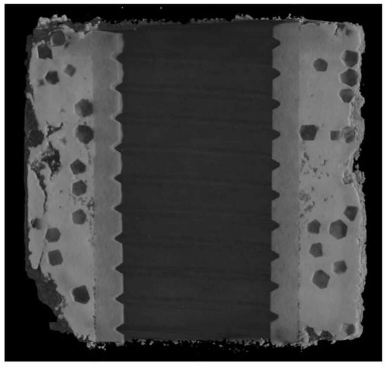
도면8


802
820
808
804
808'
812
810

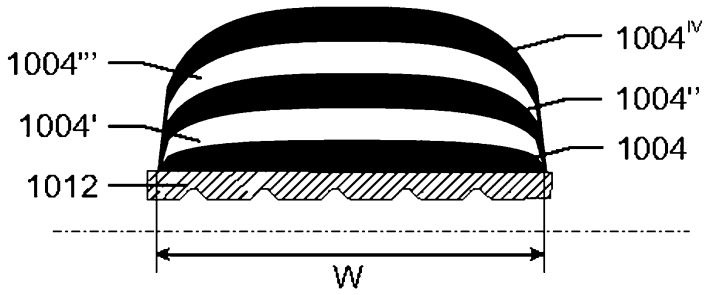
도면9a



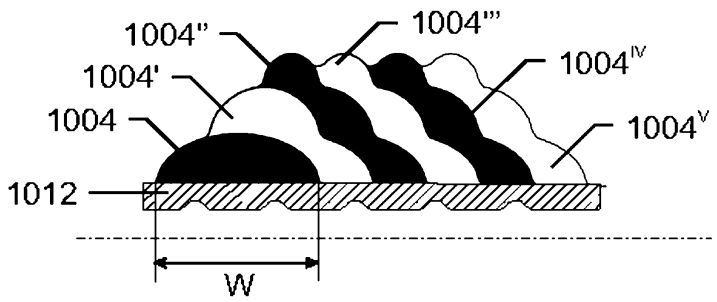
도면9b



도면10a



도면10b



도면10c

