(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0108480
(43) 공개일자 2016년09월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B21J 15/02 (2006.01) *B23K 20/12* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B21J 15/027 (2013.01)
B23K 20/127 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7022017
(22) 출원일자(국제) 2015년01월13일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2016년08월11일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/011133
(87) 국제공개번호 WO 2015/106244
국제공개일자 2015년07월16일
(30) 우선권주장
14/153,814 2014년01월13일 미국(US)

(71) 출원인
브라이엄 영 유니버시티
미국 84602 유타주 프로보 3760 에이치비엘엘 테크놀로지 트랜스퍼 오피스
메가스터 테크놀로지스, 엘엘씨
미국, 유타 84604, 프로보, 275 웨스트 2230 노스
(72) 발명자
마일스, 마이클 피.
미국 유타 84663 스프링빌 레드 반 로드 1763
플렉, 로드니 데일
미국 텍사스 76063 맨스필드 워터 그로브 코트 12
스틸, 러셀 제이.
미국 유타 84653 세일럼 667 싸우스 420 이스트
(74) 대리인
김순웅

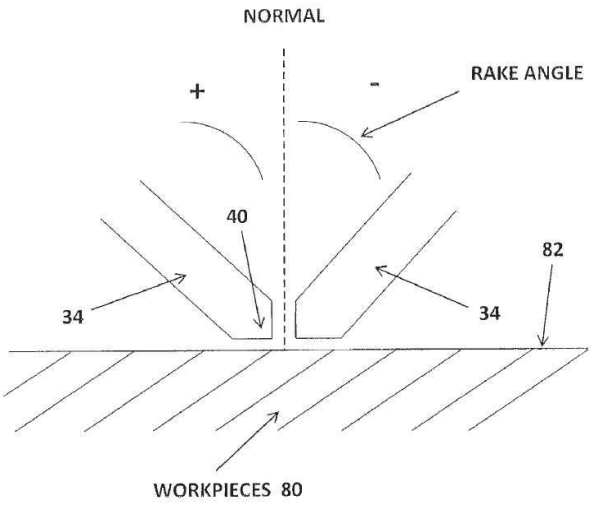
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **마찰 리벳을 이용하는 재료의 마찰 비트 접합**

(57) 요 약

마찰 리벳 상의 절삭 팁 또는 절삭 기능부가 공작물을 절삭하고 마찰 리벳 캡에 결합된 이후, 함께 마찰 교반되는 마찰 리벳과 마찰 리벳 캡을 사용하여 적어도 두 개의 공작물을 서로 접합하는 시스템 및 방법에 있어서, 마찰 리벳이 절삭 팁 내에 중공부를 포함하는 경우 마찰 리벳 캡은 제외될 수 있고, 중공부는 공작물을 절삭한 이후 플레어링됨으로써 마찰 리벳의 단부에 일체형 리벳 캡을 형성한다.

대 표 도 - 도5



명 세 서

청구범위

청구항 1

마찰 리벳을 사용하여 적어도 두 개의 공작물을 서로 접합하는 방법에 있어서, 상기 방법은,

1) 적어도 두 개의 공작물을 중첩시키는 단계;

2) 마찰 리벳 접합 공구를 제공하는 단계;

3) 마찰 리벳 접합 공구에 의해 고정되는 마찰 리벳을 제공하는 단계, 상기 마찰 리벳은 절삭 기능부를 포함하고;

4) 절삭 기능부가 적어도 두 개의 공작물을 절삭할 수 있도록 마찰 리벳 접합 공구를 회전시키는 단계;

5) 적어도 두 개의 공작물의 제 2 면에 배치되는 마찰 리벳 캡을 제공하는 단계; 및

6) 마찰 리벳과 마찰 리벳 캡의 확산 접합을 가능하게 하는 속도로 마찰 비트 접합 공구를 회전시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 방법은,

1) 마찰 리벳 상에 나사산을 갖는 외부 표면을 제공하는 단계; 및

2) 마찰 리벳 캡 상에 나사산을 갖는 내부 표면을 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 방법은 확산 접합을 가능하게 하는 속도로 마찰 비트 접합 공구를 회전시키는 단계가 마찰 리벳이 마찰 리벳 캡을 통과하게 하고 마찰 리벳 캡의 내부 표면에 대해 외부 표면 상에서 확산 접합될 수 있도록 마찰 리벳 캡을 통해 미리 절삭된 홀을 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 방법은 마찰 리벳의 절삭 기능부 내부에 중공부를 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 방법은 중공부에서 마찰 리벳을 플레어링(flaring)함으로써, 마찰 리벳의 단부가 외부로 플레어링되게 하여 마찰 리벳을 제자리에 고정하기 위한 일체형 리벳 헤드를 형성하기 위해 플레어링 공구를 사용하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

마찰 리벳을 사용하여 적어도 두 개의 공작물을 서로 접합하는 방법에 있어서, 상기 방법은,

1) 적어도 두 개의 공작물을 중첩시키는 단계;

2) 마찰 리벳을 고정하는 마찰 리벳 접합 공구를 제공하는 단계, 상기 마찰 리벳은 절삭 기능부 및 마찰 리벳의 절삭 기능부에서의 중공부를 포함하고;

3) 절삭 기능부가 적어도 두 개의 공작물을 절삭할 수 있도록 마찰 리벳 접합 공구를 회전시키는 단계; 및

4) 중공부에서 마찰 리벳을 플레어링함으로써, 마찰 리벳의 단부가 외부로 플레어링되게 하여 마찰 리벳을 제자리에 고정하기 위한 일체형 리벳 헤드를 형성하기 위한 플레어링 공구를 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 방법은 마찰 리벳 상에 나사산을 갖는 외부 표면을 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서, 상기 방법은 적어도 두 개의 공작물을 통해 미리 절삭된 홀을 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서, 상기 방법은 적어도 두 개의 공작물의 제 2 면에 배치되는 마찰 리벳 캡을 제공하는 단계를 더 포함하고, 상기 마찰 리벳 캡은 적어도 두 개의 공작물 및 일체형 리벳 헤드 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

마찰 리벳을 사용하여 적어도 두 개의 공작물을 접합하는 시스템에 있어서, 상기 시스템은,

적어도 두 개의 공작물;

마찰 리벳 접합 공구;

마찰 리벳 접합 공구에 의해 고정되는 마찰 리벳, 상기 마찰 리벳은 적어도 두 개의 공작물을 절삭하기 위한 절삭 기능부를 포함하고; 및

적어도 두 개의 공작물의 제 2 면에 배치되는 마찰 리벳 캡을 포함하고, 상기 마찰 비트 접합 공구는 마찰 리벳과 마찰 리벳 캡의 확산 접합을 가능하게 하는 속도로 회전되는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 시스템은,

마찰 리벳 상에 나사산을 갖는 외부 표면; 및

마찰 리벳 캡 상에 나사산을 갖는 내부 표면을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 상기 시스템은 확산 접합을 가능하게 하는 속도로 마찰 비트 접합 공구를 회전시키는 단계가 마찰 리벳이 마찰 리벳 캡을 통과하게 하고 마찰 리벳 캡의 내부 표면에 대해 외부 표면 상에서 확산 접합될 수 있도록 마찰 리벳 캡을 통해 미리 절삭된 홀을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 13

제 10 항에 있어서, 상기 시스템은 마찰 리벳의 절삭 기능부 내부에 배치되는 중공부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 14

제 10 항에 있어서, 상기 시스템은 중공부에서 마찰 리벳을 플레어링함으로써, 마찰 리벳의 단부가 외부로 플레어링되게 하여 마찰 리벳을 제자리에 고정하기 위한 일체형 리벳 헤드를 형성하기 위한 플레어링 공구를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 15

마찰 리벳을 사용하여 적어도 두 개의 공작물을 접합하는 시스템에 있어서, 상기 시스템은,

적어도 두 개의 공작물;

마찰 리벳 접합 공구;

작업 단부 상에 절삭 기능부 및 절삭 기능부 내에 배치되는 중공부를 포함하는 마찰 리벳, 상기 마찰 리벳은 적어도 두 개의 공작물을 절삭하기 위해 사용되고; 및

중공부에서 마찰 리벳을 플레어링함으로써, 마찰 리벳의 단부가 외부로 플레어링되게 하여 마찰 리벳을 제자리에 고정하기 위한 일체형 리벳 헤드를 형성하기 위한 플레어링 공구를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 시스템은 마찰 리벳 상에 나사산을 갖는 외부 표면을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 17

제 15 항에 있어서, 상기 시스템은 적어도 두 개의 공작물을 통해 미리 절삭된 홀을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 18

제 15 항에 있어서, 상기 시스템은 적어도 두 개의 공작물의 제 2 면에 배치되는 마찰 리벳 캡을 더 포함하고, 상기 마찰 리벳 캡은 적어도 두 개의 공작물 및 일체형 리벳 헤드 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] **관련 출원의 교차 참조**

[0002] 본 출원은 "재료의 마찰 비트 접합"이라는 표제로 2012년 3월 2일 출원된 미국 가출원 제 61/606,218호의 우선권의 이익을 주장하는 "재료의 마찰 비트 접합"이라는 표제로 2013년 3월 4일 출원된 미국 특허출원 제 13/783,740호의 일부 계속 출원인, 2014년 1월 13일 출원된 미국 특허출원 제 14/153,814호의 우선권을 주장한다.

[0003] 본 발명은 일반적으로 마찰 교반 접합(friction stir joining) 방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게, 본 발명은 적어도 부분적으로 소모성인 핀(consumable pin) 또는 비트(bit)를 갖는 마찰 교반 공구를 이용하여 공작물들을 서로 접합하는 시스템 및 방법으로서, 상기 비트는 제 1 속도로 회전될 때 제 1 공작물 재료를 절삭하는 절삭날(cutting edge)을 가질 수 있다. 제 1 공작물 재료를 충분한 깊이까지 절삭한 이후, 공구의 회전 속도는 비트 자신뿐만 아니라 제 2 공작물 재료에 접합된 제 1 공작물 재료의 가소화(plasticization)를 유발하도록 변화될 수 있다. 제 1 및 제 2 공작물 재료와 비트가 마찰 교반 공구에 의해 충분히 가열된 이후, 공구의 회전은 신속하게 감속되거나 완전히 정지되어 비트와 제 1 및 제 2 공작물 재료의 고상 접합(solid state bonding)을 가능하게 한다. 이 과정은 본 문헌 전체에 걸쳐 마찰 비트 접합(friction bit joining)이라 칭하고, 상기 비트는 본 문헌 전체에 걸쳐 수정된 핀 또는 리벳이다.

배 경 기 술

[0004] 금속 공작물들을 서로 접합하기 위한 많은 방법이 존재하고, 이들 중 일부는 용접, 점 용접(spot welding), (나사와 볼트와 같은) 패스너(fasteners), 마찰 교반 용접 등을 포함한다. 모든 접합 방법들을 지배하는 세 가지 기본 원리는, 기계적 부착, 융합 접합(용접) 및 고상 접합(마찰 용접)을 포함한다. 각각의 원리 기술은 장점들을 가지지만, 종종 응용을 위해 선택되는 방법은 최소한의 허용 가능한 단점을 갖는 것에 의해 좌우된다.

[0005] 기계적 공작물 접합 방법의 예는, 나사, 너트 및 볼트, 도브테일(dovetail), 스웨이징(swaging), 리벳팅, 간섭 부착(interference attachment) 등을 포함한다. 나사산(thread)은 제한된 하중 지지 능력, 다수 부품들 및 조립을 위한 고비용, 공작물 내부에 배치되어야 하는 홀 및/또는 패스너를 위한 공간을 위한 비용이 들기 때문에, 많은 응용들은 나사 또는 볼트를 이용할 수 없다. 도브테일 및 그 밖의 공작물 잠금 방법은 특정 방향으로 잠그지만 다른 방향으로 미끄러지거나 회전할 수 있다. 리벳은 아마도 모든 기계적 패스너들 중 단위면적과 체적당 가장 큰 접합 강도를 가지지만 리벳 헤드의 기계적 변형은 에너지 흡수능력뿐만 아니라 신장(elongation)을 감소시킨다.

[0006] 기계적 방법이 허용될 수 있는 접합 기술이 아닌 경우, 공작물이 용접될 수 없는 것으로 간주되지 않는 한 융합 용접 방법이 이용된다. 예를 들어, 7000 시리즈 알루미늄으로 제조된 항공기 부품들은, 결과적인 용접 강도가 비금속(base metal) 특성의 50%이기 때문에 용접될 수 없는 것으로 간주된다. 강(steel), 스테인리스강 및 니켈계 합금과 같은 고융점 재료(high melting temperature material, HMTM)는 용접될 수 있지만, 접합 강도는 융합 용접과 관련한 문제로 한정된다. 이러한 문제점들은 응고 결함, 용접 매크로 구조 내의 강성/연성 영역, 액상-고상 상변이로 인한 잔류 응력, 다공성, 크래킹(cracking), 불균일하고 예측할 수 없는 미세구조, 부식 민감성, 공작물 변형, 및 공작물 모재 특성의 손실을 포함하지만 이에 한정되지 않는다.

[0007] 용접 후 작업은 종종 변형을 수리하거나 비파괴적으로 용접부를 검사하며 공정에 비용을 추가시킬 필요가 있다. 또한, 적절한 안전 절차를 따르지 않을 경우 6가 크롬 및 망간 노출 및 작업자의 잠재적인 망막 손상과 관련한 건강상 문제가 존재한다. 많은 경우에, 용접될 수 없는 것으로 간주되는 높은 강도의 재료를 위하여 용접될 수 있는 것으로 간주되는 낮은 강도의 재료를 이용할 수 있도록 공작물의 크기는 증가되어야 한다. 이는 현재 낮은 강도의 강으로 제조되는 자동차 차체에 있어서 그렇다. 고강도 강판(이중 상(Dual Phase) 및 트립(TRIP) 강)은 차량 중량을 크게 감소시키기 위해 프레임 구조에서 이용될 수 있지만 이러한 재료들은 융합 용접성(fusion weldability) 문제 때문에 이용되지 못했다.

[0008] 마찰 교반 용접은 융합 용접 방법에 걸친 많은 장점을 가진 고상 용접 공정이다. 도 1의 사시도에 도시된 공구는, 숄더(shoulder)(12) 및 숄더로부터 외부를 향해 연장되는 핀(pin)(14)을 가지며 전체적으로 원통형인 공구(10)를 특징으로 하는 마찰 교반 용접을 위해 사용되는 공구이다. 핀(14)은 충분한 열이 발생될 때까지 공작물(16)에 대해 회전되고, 이때 공구의 핀은 가소화된 공작물 재료 내에 삽입된다. 공작물(16)은 종종 접합선(18)에서 서로 접하는 두 장 또는 두 플레이트의 재료이다. 핀(14)은 접합선(18)에서 공작물(16) 내에 삽입된다. 이러한 공구는 종래 기술에 공개되어 있지만, 새로운 목적을 위해 사용될 수 있다는 것을 이해할 것이다

[0009] "공작물" 및 "기본 공작물 재료"라는 용어는 본 문헌 전체에 걸쳐 상호 교환적으로 사용될 수 있음을 유의한다.

[0010] 공작물 재료(16)에 대한 핀(14)의 회전 운동에 의해 발생되는 마찰열은 용융점에 도달하지 않고도 공작물 재료가 연화되게 한다. 공구(10)는 접합선(18)을 따라 가로로 이동되고, 따라서 가소화된 재료가 앞단(leading edge)으로부터 뒷단(trailing edge)까지 핀 주위에서 유동함에 따라 용접부를 형성한다. 그 결과, 다른 용접부들과 비교하여 공작물 재료(16) 그 자체와 구별하기 어려운 고상 접합(20)이 접합선(18)에 형성된다.

[0011] 숄더(12)가 공작물의 표면과 접촉할 때, 이의 회전운동은 삽입된 핀(14) 주위에서 재료의 상대적으로 큰 원통형

기둥을 가소화하는 추가의 마찰열을 발생시키는 것이 관찰된다. 숄더(12)는 공구 핀(14)에 의해 발생되는 상향 금속 유동을 포함하는 단조 하중(forging force)을 제공한다.

[0012] 마찰 교반 용접(friction stir welding, FSW) 동안, 용접되어야 하는 영역과 공구는 서로에 대해 이동하고, 따라서 공구는 용접부 접합의 원하는 길이만큼 횡단한다. 회전하는 FSW공구는 연속적인 열간 가공 작용(hot working action)을 제공함으로써, 공구가 금속을 핀의 앞단으로부터 뒷단까지 전달하는 동안 비금속을 따라 가로로 이동함에 따라 좁은 영역 내에서 금속을 가소화한다. 용접부 영역이 냉각됨에 따라, 공구가 통과할 때 액체가 형성되지 않고 따라서 일반적으로 응고는 없다. 항상 그런 것은 아니지만 대개의 경우 생성되는 용접부는 결함이 없고, 재결정되며, 용접부의 영역 내에 형성되는 미세 입자의 미세구조이다.

[0013] 이동 속도는 일반적으로 200 내지 2000 rpm의 회전 속도에서 10 내지 500 ram/min이다. 도달하는 온도는 일반적으로 고상성 온도(solidus temperature)에 가깝지만 그 이하이다. 마찰 교반 용접의 매개변수는 재료의 열특성, 고온 유동 응력 및 투과 깊이의 함수이다.

[0014] 이전의 특허 문헌들은, 과거에 기능적으로 용접될 수 없는 것으로 간주되는 재료를 가지고 마찰 교반 용접을 수행할 수 있는 혜택을 교시하였다. 이들 재료 중 일부는 용융 용접될 수 없거나 용접이 전혀 안 된다. 예를 들어, 이들 재료는 금속 매트릭스 복합체, 강 및 스테인리스강 같은 철 합금, 및 비철 합금을 포함한다. 마찰 교반 용접을 이용할 수 있는 또 다른 부류의 재료는 초합금(superalloy)이다. 초합금은 높은 용융점의 청동 또는 알루미늄을 포함하는 재료일 수 있고, 혼합된 다른 요소를 포함할 수도 있다. 초합금 중 일부 예는, 일반적으로 화씨 1000도 이상의 온도에서 사용되는 니켈, 철- 니켈, 및 코발트계 합금이다. 초합금에서 흔히 발견되는 또 다른 요소는 크롬, 몰리브덴, 텅스텐, 알루미늄, 티타늄, 니오븀, 탄탈륨 및 레늄을 포함하지만 이에 한정되지 않는다.

[0015] 이전의 특허들은 마찰 교반 용접되는 재료보다 높은 용융점을 가진 재료를 이용하여 형성되는 공구가 필요하다고 교시한다. 일부 실시형태에서, 초연삭재(super abrasive)가 공구에서 사용되었다.

[0016] "마찰 교반 공정"이란 용어는 또한 "고상 공정"과 상호 교환적으로 지칭될 수 있음을 유의한다. 본원에서 고상 공정은 일반적으로 액상을 포함하지 않는 가소화 상태로의 일시적인 변환으로서 정의된다. 그러나, 일부 실시형태는 하나 이상의 요소가 액상을 통과하는 것을 허용하고 여전히 본 발명의 이점을 달성하는 것에 유의한다.

[0017] 마찰 교반 공정에서, 공구 핀은 회전되고, 처리되어야 하는 재료 내에 삽입된다. 공구는 재료의 처리 영역을 가로질러 횡으로 이동한다. 이러한 작용은 재료가 고상 공정에서 가소화를 겪게 하여 이는 재료가 원래 재료와 다른 특성을 가지도록 개질될 수 있게 한다.

[0018] 마찰 교반 점 용접(friction stir spot welding, FSSW)은 현재 랩 용접(lap welding) 구조에서 고강도 강판을 접합하기 위해 실험적으로 사용되고 있다. FSSW는 미국 특허 출원 제 20050178817호에 개시된 알루미늄 부품을 랩 용접하기 위해 상업적으로 사용되고 있다. 두 가지 방법들이 현재 사용된다.

[0019] 첫 번째 방법은 공작물들이 서로 마찰 점 용접될 때까지 핀 공구(핀과 숄더로 구성되는 FSSW공구)를 공작물 내에 삽입하는 것을 포함한다. 이러한 방법이 가지는 문제점은 도 2에 도시된 바와 같이 핀으로부터 남겨진 홀(26)이다. 공작물들(28) 간의 접합은 공구의 숄더 아래에서 달성되는 반면, 핀 홀은 용접부의 강도를 감소시킨다.

[0020] 두 번째 방법은 재료를 다시 핀 홀 속으로 강제하는 장비의 설계를 포함한다(미국 특허 제 6,722,556호). 이러한 방법은 점 용접부를 형성하기 위해 필요한 대형 스핀들 헤드, 고정 요건, 및 하중으로 인해 매우 복잡하다.

[0021] 본 발명의 실시형태는 일반적으로 이러한 기능적으로 용접할 수 없는 재료뿐만 아니라 및 초합금과 관련되고, 본 문헌 전체에 걸쳐 고융점 재료(HMTM)이라고 지칭된다. 그러나 본 발명의 원리는 또한 알루미늄 및 그 밖의 금속들과 같은 낮은 용융점의 재료 및 고융점 재료의 일부로 간주되지 않는 금속 합금에도 적용될 수 있다.

[0022] 마찰 교반 용접 기술에서의 최근의 발전은 마찰 교반 용접의 고상 접합 공정 동안 강과 스테인리스강과 같은 고융점 재료들을 서로 접합하기 위해 사용될 수 있는 공구를 제공한다.

[0023] 상기한 바와 같이, 이러한 기술은 다결정 입방정 질화붕소(polycrystalline cubic boron nitride, PCBN) 팁을 포함할 수 있는 마찰 교반 용접 공구를 이용하는 것을 포함한다. 이러한 공구의 다른 설계는 또한 종래 기술에 공개되어 있고 일체형 공구 및 다른 설계를 포함한다.

[0024] 이러한 특수 마찰 교반 용접 공구가 사용될 때, 다양한 재료들을 마찰 교반 용접할 때 효과적이다. 이러한 공구

설계는 또한 PCBN 및 다결정 다이아몬드(polycrystalline diamond, PCD)이외의 다양한 공구 팁 재료들을 이용할 때 효과적이다. 이들 재료 중 일부는 텅스텐, 레늄, 이리듐, 티타늄, 몰리브덴등과 같은 내화물을 포함한다

발명의 내용

해결하려는 과제

[0025] 신속하고 경제적인 방식으로 소모성 비트를 사용하여 FSSW를 수행하기 위해 부분적으로 소모성인 공구를 사용할 수 있는 시스템 및 방법을 제공할 수 있는 것은 금속 공작물의 접합에 있어서 종래 기술에 비해 장점이 될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0026] 적어도 두 개의 공작물의 마찰 비트 접합 방법이 개시되고, 본 발명은 마찰 리벳 상의 절삭 팁(cutting tip)이 공작물을 절삭하고 마찰 리벳 캡에 결합된 이후, 함께 마찰 교반되는 마찰 리벳과 마찰 리벳 캡을 사용하여 적어도 두 개의 공작물을 서로 접합하는 시스템 및 방법이며, 상기 마찰 리벳이 절삭 팁 내에 중공부(hollow)를 포함하는 경우 상기 마찰 리벳 캡은 제외될 수 있고, 상기 중공부는 공작물을 절삭한 이후 플레어링(flaring)됨으로써 마찰 리벳의 단부에 일체형 리벳 캡을 형성한다.

[0027] 본 발명의 이러한 그리고 다른 목적, 특징, 장점 및 대안적인 양태는 첨부된 도면과 함께 이루어지는 아래의 상세한 설명을 고려하여 본 기술 분야의 숙련자에게 명백할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 고 융점 재료에 대해 마찰 교반 용접을 수행할 수 있는 기존의 마찰 교반 용접 공구를 도시한 종래 기술의 사시도이다.

도 2는 종래 기술에서 이루어지는 바와 같이 마찰 교반 점 용접(FSSW)을 이용하여 수행되는 세 개의 용접부를 도시한 측면도이다.

도 3은 마찰 교반 비트 접합을 수행할 수 있는 종래 기술의 원리에 따라 구성되는 회전 공구를 도시한 사시도이다.

도 4는 소모성 비트가 두 개의 공작물을 완전히 관통한, 도 3의 공구를 도시한 측면도이다.

도 5는 공작물 표면과 직교하지 않는 경사각에서 마찰 교반 접합 공구가 작동할 수 있는 것을 도시한 측면도이다.

도 6은 바닥 공작물만이 적어도 부분적으로 소모성인 비트와 고상 접합을 형성할 수 있는, 다수의 공작물 층을 도시한 측면도이다.

도 7은 소모성 비트로 크랙을 충진하기 위해 메탈 스티칭(metal stitching)이 사용될 수 있는, 크랙을 갖는 공작물을 도시한 평면도이다.

도 8은 홀을 고상 플러그 용접(solid- state plug welding)할 수 있는 코어 절삭 형상을 마찰 비트 접합 공구와 공작물을 도시한 측면도이다.

도 9는 신속한 마찰 비트 접합을 위한 다중 세그먼트 비트용 중심 홀을 갖는 공구를 도시한 측면 단면도이다.

도 10은 마찰 리벳과 마찰 리벳 캡으로 구성되는 두 조각의 마찰 리벳을 도시한 측면도이다.

도 11은 마찰 리벳이 공작물을 절삭한 이후 마찰 리벳 캡에 결합된 마찰 리벳을 도시한 측면도이다.

도 12는 마찰 리벳이 마찰 리벳 캡을 통과할 만큼 긴, 다른 실시형태를 도시한 측면도이다.

도 13은 마찰 리벳의 벽의 외부 표면을 따른 나사산을 갖는 마찰 리벳 및 내부 표면 상에 대응하는 나사산을 갖는 마찰 리벳 캡을 도시한 확대도이다.

도 14는 공작물을 관통한 이후 플레어링 공구가 마찰 리벳의 상부를 플레어링함으로써 일체형 리벳 캡을 형성할 수 있는, 마찰 리벳의 상부에 중공부를 갖는 마찰 리벳을 도시한 확대도이다.

도 15는 일체형 리벳 캡을 형성하기 위해 플레어링 공구가 사용된 이후의 마찰 리벳을 도시한 측면도이다.

도 16은 제자리에서 마찰 리벳 캡을 기계적으로 유지하는 일체형 리벳 캡을 형성하기 위해 플레어링 공구와 함께 도 13의 마찰 리벳 캡이 사용된, 도 15의 대안적인 실시형태를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 본 발명의 다양한 구성요소가 도면부호로 지정되고, 본 기술 분야의 숙련자가 본 발명을 구성하고 이용할 수 있도록 본 발명이 설명되는 도면을 참고할 것이다. 다음의 설명은 오직 본 발명의 원리를 예시하기 위한 것이고 다음의 청구범위를 감축하는 것으로 간주되어서는 안 되는 것을 이해해야 한다.

[0030] 종래 기술은 마찰 비트 접합 방법의 기초를 형성하는 분리 가능하고 및 적어도 부분적으로 소모성인 비트와 결합되는 비소모성 숄더를 갖는 회전식 마찰 교반 공구를 교시한다. 상기 비트는 완전히 소모되거나 부분적으로 소모될 수 있다. 도 3은 마찰 교반 공구가 구성될 수 있는 것을 교시하는 종래 기술의 방법을 도시하고 있다.

[0031] 도 3은 숄더 영역(32) 및 분리 가능하고 적어도 부분적으로 소모성인 비트(34)를 갖는 마찰 비트 접합 공구(30)를 도시하는 종래 기술의 사시도이다. 비트(34)는 또한 리벳으로 기능할 수 있지만 일반적으로 본 문헌 전체에 걸쳐 비트라 지칭된다. 이러한 특수 마찰 비트 접합 공구(30) 내에서, 분리 가능하고 적어도 부분적으로 소모성인 비트(34)는 작은 갭(36)을 포함한다. 비트(34)의 훨씬 작은 비트 직경부(42)는 작은 갭(36)을 형성한다. 이러한 비트(34)의 작은 비트 직경부(42)는 파괴된다. 작은 갭(36)은 비트(34)의 분리 가능한 부분(38)이 공작물 내에 비트로서 매립된 상태로 유지될 수 있게 한다. 또한, 비트(34)의 분리되지 않은 부분(40)은 아래에서 설명되는 바와 같이 또 다른 비트 세그먼트의 상부일 수도 있음을 유의한다.

[0032] 도 4는 또한 강 또는 다른 금속을 마찰 비트 접합하는 방법("마찰 교반 리벳팅(friction stir riveting)"이라고도 알려짐)을 도시하는 종래 기술에 관한 도면이다. 마찰 비트 접합 공구(30)는 공구의 비트(34)가 제 1 공작물 재료(50)를 기계 가공하거나 절삭하여 내부에 홀(54)을 형성할 수 있는 속도로 회전된다. 원하는 홀을 용이하게 기계 가공하기 위한 기능부가 비트(34)의 단부에 추가된다. 예를 들어, 절삭 기능부(44)가 도 4에 도시되어 있다.

[0033] 본 발명은 마찰 비트 접합 공구의 비트가 소정 각도에서 공작물을 절삭하는 것을 교시함으로써 종래 기술을 개선한다. 본 발명의 제 1 실시형태의 제 1 양태가 도 5에 도시되어 있다. 제 1 실시형태는 마찰 비트 접합을 수행할 때 마찰 비트 접합 공구의 이용을 개선하는 것에 관한 것이다. 제 1 실시형태는 수정된 각도가 마찰 비트 접합 공구(30)를 위해 사용될 수 있다는 것을 교시한다.

[0034] 종래 기술은 도 4에 도시된 바와 같이 공작물에 대해 직교하는 각도로 공작물을 절삭하는 것을 교시한다. 반면에, 본 발명은 마찰 비트 접합 공구 상의 비트(34)가 음 또는 양의 경사각으로 공작물(8)로 진입할 있다는 것을 교시한다. 경사각은 마찰 비트 접합 공구를 파괴하거나 비트(34)를 조기에 파괴시키지 않고 음 또는 양의 값일 수 있다. 경사각은 +45도 내지 -58도일 수 있고 본 발명의 한정 내에 있다. 경사각이 지시된 내에서 변화할 수 있지만, 비트(34)의 바람직한 경사각은 평균 플러스 또는 마이너스 7도 사이일 수 있다.

[0035] 제 1 실시형태는 또한 다른 작업 각도를 다룬다. 공작물(8)의 작업 표면(82) 및 비트(34)의 작업 단부(40)에 의해 형성되는 각도 또는 하부 여유각(relief angle)은 0 내지 63도일 수 있다. 비트(34)의 절삭 표면은 0 내지 53도의 간극 여유를 가질 수 있다.

[0036] 비트(34)는 공작물을 절삭하기 위해 사용될 때 드릴 비트(drill bit)라 칭할 수 있다. 비트(34)는 여유를 갖는 마진(margin)을 포함하는 외부 절삭면을 가질 수 있는 것으로 확인되었다.

[0037] 비트(34)의 제 1 실시형태에서 사용될 수 있는 절삭 기능부는 비트의 작업 단부에서 나선 절삭날을 갖는 호소이 드릴(Hosoi drill)의 기하학적 구조를 포함하는 것으로 고려될 수 있지만, 이는 제한 요소로서 간주되지 말아야 한다. 그 밖의 절삭 기능부의 기하학적 구조가 또한 본 발명의 범위에 있는 것으로 간주될 수 있다.

[0038] 제 1 실시형태의 비트(34) 내에 포함될 수 있는 본 발명의 그 밖의 절삭 기능부는 공작물 내에 또는 이를 관통하는 홀을 형성하기 위한 코어 절삭 구조(core cutting geometry)(도 8에 도시됨), 및 칩 브레이커(chip breaker)를 포함한다.

[0039] 본 발명의 또 다른 양태는 비트(34)를 위해 적어도 두 가지의 서로 다른 속도를 이용하는 개념으로 확대된다; 즉, 절삭을 위한 하나의 속도 및 공작물에 대해 비트(34)의 고상 접합을 형성하기 위한 또 다른 속도. 본 발명에서, 단일 속도가 사용될 수 있고, 단일 속도는 공작물을 절삭하기에, 또한 동일 속도에서 고상 접합을 수행하기 위해 충분할 수 있다.

[0040] 종래 기술의 한 가지 특징은, 공작물에서 사용되는 재료는, 비트(34)가 리벳으로 기능할 때 이를 이용하여 고상 접합을 형성할 수 있는 모든 재료라는 것이다. 그에 반해서, 다른 실시형태에서, 본 발명은 공작물을 형성하는 다수의 서로 다른 층들이 존재할 수 있다는 것을 교시한다.

[0041] 도 6은 비트(34)에 의해 고상 접합을 형성할 수 없는 하나 이상의 공작물 층(90)이 존재하는 새로운 개념을 본 실시형태에서 도시하고 있다. 그러나, 차이점은 하부 공작물 층(92)만이 비트(34)에 의해 고상 접합을 형성할 수 있는 재료이어야 한다는 것이다. 하부 공작물 층에 의해 고상 접합을 형성하기 위해 비트(34)는 하부 공작물 층(92) 상부의 모든 공작물 층(90)을 절삭할 수 있다.

[0042] 또 다른 실시형태에서, 공작물 층(90)은 비트(34)와의 기계적 접합을 형성하고 고상 접합은 형성하지 않는다. 또 다른 실시형태에서, 적어도 하나의 공작물 층(90)은 기계적 접합을 형성하는 반면, 적어도 하나의 다른 공작물 층(90)은 고상 접합을 형성한다. 공작물 층(90) 중 일부는 기계적 접합을 형성할 수 있고 다른 일부는 고상 접합을 형성할 수 있는, 공작물 층의 구성은 응용에 따라 필요에 의해 변경될 수 있다. 공작물 층(90)은 플라스틱 및 복합체와 같은 비금속성 재료를 포함하는 서로 다른 특성을 가진 재료로 구성될 수 있다.

[0043] 본 발명의 다음 양태는 마찰 비트 접합 공구(30)가 정지되는 방법에 관한 것이다. 종래 기술의 예가 도 4에 도시되어 있다. 홀(54)의 깊이(56)가 도시된 바와 같이 제 2 공작물(52) 속으로 연장되면, 마찰 비트 접합 공구(30)의 회전 속도는 서로 접합되어 있는 제 1 및 제 2 공작물(50,52)과 비트(34)사이에서 열을 발생시키도록 감소된다. 마찰 비트 접합 공구(30)를 고정하고 회전시키는 스핀들(미도시)은 즉시 정지되거나, 또는 공구를 회전시키는데 필요한 토크가 작은 비트 직경부(42)의 전단 강도를 초과할 때까지 느려질 수 있다. 작은 비트 직경부(42)는 특정 토크에서 마찰 비트 접합 공구(30)로부터 비트(34)의 분리 가능한 부분(34)을 절단하도록 설계된다.

[0044] 대조적으로, 본 발명은 마찰 비트 접합 공구(30)의 갑작스런 정지가 마찰 비트 접합 공구를 구동하는 모터에 대해 문제가 야기할 수 있다는 것을 교시한다. 모터의 마모를 줄이기 위해, 본 발명은 마찰 비트 접합 공구(30)가 고상 접합 회전 속도로부터 완전히 정지된 상태로 가는데 걸리는 시간으로서 정의되는 정지 사이클을 교시한다. 본 실시형태는 단일 단계의 정지시간을 이용하여, 다중 단계의 정지시간을 이용하여, 마찰 비트 접합 공구(30)용 가변 RPM 프로파일을 이용하고, 및 정지 사이클에 유지 시간(dwell time)을 포함하여, 10 초 이내에 감속되어 정지하는 것을 포함한다. 이러한 모든 정지 사이클은 마찰 비트 접합 공구(30)의 회전을 제어하는 모터의 마모를 줄일 수 있다.

[0045] 또 다른 실시형태에서, 정지 사이클은 모터상의 클러치의 사용을 통해 거의 즉각적일 수 있다. 클러치를 사용함으로써, 공구의 스핀들을 구동하는 모터는 자유롭게 서서히 정지될 수 있는 반면, 마찰 비트 접합 공구(30)는 매우 신속하게 또는 1초 이내와 같이 신속하게 정지될 수 있다.

[0046] 본 발명의 또 다른 실시형태서, 마찰 비트 접합 공구(30)의 모터의 회전을 신속하게 정지시키는 대신에, 특정 테이퍼(taper) 비트 형상을 갖는 비트가 사용된다. 이러한 테이퍼 비트는 비트(34)만이 공작물 속으로 이동할 수 있게 하지만 다시 돌아오지 못하게 한다. 따라서, 고상 접합이 형성되자 마자, 마찰 비트 접합 공구(30)는 비트(34)를 해제해야 할 필요가 있다.

[0047] 또 다른 대안적인 실시형태에서, 마찰 비트 접합 공구(30)와 비트(34) 사이에 신속한 해제 장치가 제공된다. 신속한 해제 장치는 비트(34)를 더욱 신속하게 해제하기 위해 스프링 하중을 받을 수 있다.

[0048] 본 발명의 또 다른 양태는 경도를 개선하기 위해 비트(34)의 적어도 일부에 코팅을 제공하는 것에 관한 것이다. 개선된 강도는 비트(34)가 더욱 강한 공작물을 관통할 수 있게 한다. 코팅은 본 기술 분야의 숙련자에게 공지된 임의의 유형일 수 있고, 비트 내부에서 사용되는 재료보다 더욱 단단한 공작물을 비트(34)가 절삭할 수 있게 할 것이다.

[0049] 관련된 실시형태에서, 코팅은 비트(34)의 적어도 일부분에 배치될 수 있고, 이는 코팅이 존재하지 않을 때보다 더욱 낮은 고상 접합 온도에서 공작물에 대한 비트의 결합을 가능하게 한다. 또 다른 실시형태에서, 코팅은 비트(34)의 적어도 일부에 배치될 수 있고, 이는 비트 주위의 공작물 내의 재료의 유동 특성을 개선시킨다.

[0050] 또 다른 실시형태에서, 마찰 비트 접합 동안 공작물 내의 재료의 유동 특성을 변경시키는 것이 또한 바람직할 수 있다. 유동 특성의 변경은 마찰 비트 접합을 수행하는 마찰 비트 접합 공구(30)를 회전시키는 스핀들의 회전 방향을 역전시킴으로써 달성될 수 있다.

[0051] 본 발명의 또 다른 실시형태는 휴대용 마찰 비트 접합 시스템을 제공하는 것에 관한 것이다. 휴대용 마찰 비트

접합 시스템은, 차량에 의해 다양한 장소로 이동될 수 있는 대형 시스템의 크기와 중량으로부터, 마찰 비트 접합 시스템이 작업자의 손으로 시스템을 고정하고 이의 무게를 지지하는 한 명의 작업자에 의해 작동될 수 있는 크기와 중량까지의 범위일 수 있다. 휴대용 마찰 비트 접합 시스템은 또한 지상에 놓이거나, 테이블용 장치이거나, 또는 손바닥 크기일 수 있다.

[0052] 본 발명의 또 다른 실시형태는 공작물들이 접합될 수 있도록 다양한 공작물을 유지하거나 고정하는 것에 관한 것이다. 본 발명은 자기(magnetic) 고정을 사용하는 것을 고려한다. 본 실시형태에서, 공작물을 제자리에 유지하기 위해 전자기 베이스를 갖는 백업(backup)으로서 강판이 사용된다. 자기 고정 방법은 알루미늄 및 복합체를 마찰 비트 접합하기 위해 사용될 수 있다.

[0053] 본 발명의 마찰 비트 접합 공구(30)는 또한 마찰 교반 용접의 고상 접합 과정 동안 강 및 스테인리스강과 같은 고융점 재료들을 서로 접합할 수 있다. 이러한 기술은 고유 특성을 갖는 마찰 비트 접합 공구(30)를 사용하는 것을 요구한다. 예를 들어, 다결정 입방정 질화붕소(PCBN) 및 다결정 다이아몬드(PCD)와 같은 재료를 사용하여 숄더가 형성될 수 있다. 포함될 수 있는 그 밖의 재료는 텅스텐, 레늄, 이리듐, 티타늄, 몰리브덴 등과 같은 내화물이다.

[0054] 본 발명의 원리를 이용하여 접합될 수 있는 공작물은 청동 및 알루미늄보다 높은 용융점을 갖는 재료를 포함한다. 이러한 종류의 재료는 금속 매트릭스 복합체, 강 및 스테인리스강 같은 철 합금, 비철 재료, 초합금, 티타늄, 일반적으로 표면 경화를 위해 사용되는 코발트 합금, 및 공기 경화 강 또는 고속도 강(high speed steel)을 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 또한 본 발명은 상기한 높은 용융점의 정의 내에 포함되지 않는 낮은 용융점의 재료로 간주되는 재료에서 사용될 수도 있다.

[0055] 마찰 비트 접합 공구(30)의 숄더(32)는 다결정 입방정 질화붕소 또는, 숄더가 제 1 공작물에 부착되는 것을 방지하고 우수한 열적 안정성과 내마모성을 제공하는 유사한 재료로 제조될 수 있다. 비트 헤드의 형상을 성형하거나 또는 심지어 비트(34)가 공작물(50,52) 내에 마찰 용접된 후에 비트 헤드를 절삭하기 위해 여러 가지 숄더 구성이 사용될 수 있다.

[0056] 비트(34)에 사용되는 재료는 일반적으로 마찰 비트 접합 공정 동안 소모될 수 있는 것들이다. 이러한 재료는 바람직하게 제 1 및 제 2 공작물 재료 간의 접합을 향상시키고 마찰 교반 용접 분야의 숙련자에게 공지되어 있다.

[0057] 또 다른 대안적인 실시형태에서, 본 발명의 중요한 양태는 자동화 마찰 비트 접합 시스템을 구성하는 것이다. 자동화 마찰 비트 접합 시스템은, 예를 들어, 조립 라인에서 로봇 마찰 비트 접합 시스템에 의해 사용될 수 있다. 예를 들어, 조립 라인은 차량을 제조하기 위해 사용될 수 있다. 로봇 마찰 비트 접합 시스템은, 단부에서 마찰 비트 접합 공구(30)를 갖는 자동화 아암(arm), 마찰 비트 접합 공구가 사용되어야 하는 위치에서 아암을 이동시키기 위한 자동화 이동 시스템, 마찰 비트 접합 공구에 리벳을 공급하기 위한 자동화 공급 시스템, 및 자동화 추적(tracking) 시스템을 포함하지 만 이에 한정되지 않는다. 이들 시스템은 또한 수동으로 작동될 수도 있다.

[0058] 이동 시스템은, 절삭하고 비트(34)를 삽입하기 위해 마찰 비트 접합 공구(30)가 전방으로 이동하고, 이후 필요한 경우 공급 시스템으로부터 또 다른 비트를 삽입할 수 있도록 후방으로 이동할 수 있게 하는, 적어도 하나의 자유도를 가져야 한다.

[0059] 이상적으로, 이동 시스템은, 마찰 비트 접합 공구(30)가 일시적으로 정지한 공작물을 따라 다양한 위치로 이동할 수 있고 따라서 공작물이 로봇 아암으로부터 멀리 이동하기 전에 다수의 비트(34)를 삽입할 수 있도록, 적어도 두 개의 자유도를 제공한다.

[0060] 본 발명의 공급 시스템은 자동화될 수 있지만, 수동으로 작동될 수도 있다. 공급 시스템은 5분마다 적어도 하나의 비트의 속도로 비트(34)를 공급할 수 있지만, 바람직하게는 비트가 공작물과 접합되는 몇 초마다 하나의 비트의 속도로 비트(34)를 공급할 수 있다.

[0061] 공급 시스템은 비트(34)를 저장위치로부터 마찰 비트 접합 공구(30)까지 이동시킬 수 있다. 본 발명에 대해 고려되는 공급 시스템의 다양한 실시형태는, 마찰 비트 접합 공구(30)의 스핀들 내에서의 접이식 구동 시스템, 매거진 장착 시스템, 체인 공급 시스템, 및 비트의 위치 설정을 위한 호퍼/진동 시스템의 사용을 포함한다. 또 다른 실시형태에서, 본 발명은, 네일 건(nail gun) 또는 심지어 수동 이송 리벳과 같이, 리벳을 제자리에 위치설정 및/또는 고정하기 위한 테이프와 같은 제 2 매체의 사용을 또한 포함할 수 있다.

[0062] 자동화 추적 시스템은 로봇 아암이 마찰 비트 접합 공구(30)를 특정 경로를 따라 이동할 수 있게 한다. 경로는

직선이 아닐 수 있다. 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 다수의 비트(34)가 크랙(100)을 따라 배열되어 이를 수리하는 메탈 스티칭(metal stitching)을 수행하는 것이 바람직할 수 있다. 나사산을 갖는 기계적 플러그를 이용하는 대신에, 본 발명은 크랙(100) 내에 삽입되는 비트(34)를 이용한다. 비트가 공작물 내에 삽입되기 전에 크랙의 경로를 따르고 각각의 비트(34)의 중심을 잡기 위해 크랙(100)의 경로는 이동 시스템 내에 미리 프로그래밍되거나, 시각 스캐닝 시스템이 자동화 추적 시스템과 연결될 수 있다. 본 발명은 주철(cast iron)과 같이 전통적으로 용접할 수 없는 재료 내부의 크랙을 수리하기 위해 사용될 수도 있다.

[0063] 또 다른 실시형태는 도 8에 도시된 바와 같이 런-오프(run- off) 홀(28)을 수리하기 위해 본 발명을 이용하는 것이다. 마찰 교반 용접을 수행하는 동안, 공구가 철수될 때 핀은 일반적으로 홀(120)을 남긴다. 이후, 홀을 막고 표면을 마무리할 필요가 있다. 또 다른 실시형태에서, 본 발명은 고상 플러그 용접을 수행하기 위해 사용될 수 있고, 여기서 큰 홀이 코어 절삭 비트(104)를 이용하여 공작물(122)을 절삭하고, 바람직하게는 수리 중인 홀(120) 위에 중심을 둔다. 따라서, 본 발명은 코어 절삭 구조를 갖는 비트(104)를 이용한다. 비트는 비트의 상부 표면이 실질적으로 공작물(122)의 표면(124)과 같은 높이가 되는 깊이까지 공작물(122)을 절삭할 수 있다.

[0064] 홀 수리를 위하여 소모성 비트를 이용하는 실질적인 장점들이 존재한다. 이러한 장점은, 공작물 상의 산화의 제거, 공작물 상의 응력 집중의 감소, 더욱 양호하지는 않더라도 적어도 공작물의 표면에서의 재료와 같이 양호한 상부 표면을 갖는 비트를 남기는 것과, 마무리 비용의 전반적인 감소를 포함하지만 이에 한정되지 않는다.

[0065] 또 다른 대안적인 실시형태에서, 아르곤 또는 이산화탄소와 같은 불활성 가스가 마찰 비트 접합 동안 산화를 방지하기 위해 공구(30)의 중심을 따라 유동되게 할 수 있다.

[0066] 또 다른 대안적인 실시형태에서, 본 발명의 마찰 비트 접합 공정을 이용하여 둘 이상의 공작물이 접합될 수 있다. 따라서 비트(34)의 세그먼트 길이는 적절하게 조정된다.

[0067] 또 다른 대안적인 실시형태에서, 접합되는 공작물은 응용에 따라 동일하거나 서로 다른 재료일 수 있다는 것을 주목해야 한다.

[0068] 마찬가지로, 비트(34) 내에서 사용되는 재료는 모든 공작물과는 다른 재료, 적어도 하나의 공작물과 동일한 재료, 또는 모든 공작물의 재료와 동일한 재료일 수 있다.

[0069] 비트 형상은 크게 변화될 수 있다. 비트 형상은 테이퍼, 육각형, 또는 절삭 공정 및 마찰 비트 접합 공정을 모두 수행하는 임의의 바람직한 형상일 수 있다. 비트(34)의 형상은 사용되는 다양한 재료의 바람직한 접합 특성 또는 강도와 같은 다양한 측면에 따라 달라질 수 있다.

[0070] 또 다른 실시형태에서, 마찰 비트 접합 공구(60)는 중심축을 따라 배치된 홀(62)을 가질 수 있다. 홀(62)은 다중 세그먼트 비트(64)(작은 핀 직경부 (72)에 의해 분리된 세 개의 세그먼트를 갖는 것으로 도시됨)가 필요에 따라 홀(62)에 삽입되고 가압될 수 있게 한다. 다중 세그먼트 비트(64)는 작은 핀 직경부(72)를 갖는 다수의 갭(66)을 포함한다. 공구(60)를 통해 다중 세그먼트 비트(64)를 가압하고 작업 단부(70)를 밀어내기 위해 플런저 기구(68)가 사용될 수 있다. 다중 세그먼트 비트(64)의 각각의 세그먼트가 파괴됨에 따라, 비트(64)가 다음 마찰 교반 리벳팅 공정을 위해 충분히 노출될 때까지 플런저 기구(68)는 홀(62)을 통해 다중 세그먼트 비트를 아래로 가압할 수 있다. 이러한 방식으로, 다중 세그먼트 비트(64)를 정지시키고 재배치할 필요 없이, 다수의 리벳이 공작물 내에 삽입될 수 있다.

[0071] 다중 세그먼트 비트(64) 내에서 사용되는 세그먼트의 수는 세 개로 한정되는 것으로 간주되어서는 안 된다. 도 9는 단지 설명을 위한 것이다. 더욱 많은 세그먼트가 다중 세그먼트 비트(64) 상에 배치될 수 있다. 세그먼트의 수는 또한 공구(60)의 길이 및 플런저 기구(68)의 길이에 따라 달라질 수 있다.

[0072] 비트(64)는 막대이거나 와이어 형태이고 마찰 비트 접합 공구(60)의 중심을 통해 자동으로 공급될 수 있다. 비트(64)에 대해 정사각형 형상이 사용되는 경우, 토크가 마찰 비트 접합 공구(60)로부터 비트로 전달될 수 있다. 그러나, 다른 토크 전달 형상이 사용될 수 있다. 힘이 인가되는 경우 비트가 마찰 비트 접합 공구(60) 내에서 미끄러지는 것을 방지할 정도로 비트(64)의 외경에 대한 클램핑 힘 또는 클램핑 기구가 충분하다면, 비트(64)를 위해 둥근 형상이 사용될 수도 있다.

[0073] 홀(62)은 마찰 비트 접합 공구(60)의 몸체를 를 완전히 통과하여 비소모성 숄더까지 배치될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0074] 비트(64)는 공작물의 관통을 용이하게 하기 위한 다양한 경도 또는 경도 분포를 가질 수 있다.

[0075] 마찰 비트 접합 공구(60)는 1 내지 10,000 RPM에 이르는 RPM에서 특정 위치 또는 부하값으로 작동될 수 있다.

[0076] 마찰 비트 접합 공구(60)는 융합 점 용접과 동일한 구성으로 작동될 수 있다. 예를 들어, C 자형 클램프 구성에서 용접 팁과의 클램핑을 이용하는 대신에, 작은 직경의 회전 공구(도 3)가 로봇 아암의 단부에서 C자 클램프 내에 배치될 수 있다. C 자 클램프 구성은 또한 수동으로 사용될 수 있다.

[0077] 비트(64)는 "헤드(head)" 상에 패스너(fastener)를 가질 수 있고, 따라서 이 위치에서 기계적 부착이 사용될 수 있다. 예를 들어, 비트(64)의 단부는, 공작물들이 접합된 이후 공작물 위에서 돌출된 상태로 남겨지는 나사산을 갖는 스터브(stub)를 포함할 수 있다. 이후, 공작물에 또 다른 부품을 부착하기 위해 너트가 사용될 수 있다.

[0078] 본 문헌에서 설명되는 마찰 비트 접합 공정이 가지는 장점 중 일부는, 신속한 고상 접합 공정, 낮은 에너지 입력 요구, 고상 공정으로 인한 낮은 잔류 응력, 종래의 리벳팅과 같이 미리 천공된 홀이 필요하지 않는다는 것, 공작물의 비틀림이 감소되거나 제거된다는 것, FSSW에서와 같이 공작물 내에 홀이 남지 않는다는 것, 공정이 제한된 영역에서 사용될 수 있다는 것, Z 축 힘이 저항 점 용접에 필요한 힘과 비슷하다는 것, 숄더/비트 비율이 접합 강도를 최적화하기 위해 특정 열 분포를 발생시키는 크기를 가질 수 있다는 것, 내부식성 비트 재료가 사용될 수 있다는 것, 공정이 상승된 온도에서 완료되기 때문에 비트(34)의 형성이 부서지지 않고 더욱 큰 에너지 흡수 특성을 갖는다는 것, 비트 재료가 더욱 큰 강도를 위해 공작물 재료를 능가할 수 있다는 것, 그리고 공작물 내에서의 추가적인 크랙의 전파를 방지하기 위해 크랙의 팁에서 비트가 사용될 수 있다는 것을 포함하지만 이에 한정되지 않는다.

[0079] 접합되는 재료보다 더욱 강한 재료를 사용하여 비트(34)가 제조될 수 있는 것은 일반적인 경우이다. 그러나 비트(34)는 더욱 부드러울 수 있지만, 충분한 힘으로 신속하게 가압되고, 더욱 강한 공작물 재료들을 접합하기 위해 사용될 수 있다. 비트(34)는 또한 코팅이 기계적으로 고장나기 전에 관통을 허용하는 코팅을 가질 수 있다.

[0080] 본 발명의 또 다른 양태는 공작물 내부의 홀로부터 절삭되고 핀(34)에 의해 형성되는 재료를 제거하는 선택이다. 재료를 제거하는 한 가지 방법은 페킹(pecking) 운동을 이용하는 것이다. 마찰 비트 접합 공구(30)의 페킹 운동은 또한 재료를 제거하기 위해 유체 유동과 결합될 수 있다. 가스, 공기, 분무 및 물을 포함하는 유체는 압축성 또는 비압축성일 수 있다.

[0081] 상기한 바와 같이, 본 발명은 서로 다른 재료를 접합하기 위해 사용될 수 있고 세 개의 몸체(두 개의 공작물 및 하나의 비트)의 구성으로 제한되지 않는다. 다수의 재료 층이 동시에 접합될 수 있다. 접합되는 재료의 용융점보다 낮은 온도 구배를 재료들이 가지는 한, 임의의 수의 재료들이 접합될 수 있다.

[0082] 본 발명의 또 다른 실시형태에서, 비트(34)는 다양한 재료로 구성될 수 있다. 비트(34)는 한 개의 비트에서 유용할 수 있는 서로 다른 작동 특성을 제공하는 재료를 이용하여 제조될 수 있다. 따라서, 비트(34)는 두 개 또는 세 개 또는 다수의 재료 구성일 수 있다. 또한, 비트(34)는 비트의 단면에 대해 경도 구배를 갖고 제조될 수 있다.

[0083] 마찰 비트 접합 공구(30)의 표면 운동 속도의 범위는 분당 0.1 mm 내지 분당 10 미터로 간주될 수 있다. 마찰 비트 접합 공구(30)의 회전 속도는 1 rpm 내지100,000 rpm까지 다양할 수 있다.

[0084] 본 발명의 마찰 비트 접합 공구(30)는 CBN 숄더를 갖는 공구와 같은 복합 공구일 수 있고, 또는 접합되는 재료보다 높거나 낮은 계수를 갖는 서로 다른 재료일 수 있다.

[0085] 접합되는 재료의 경도는 록웰 스케일 A, B 및 C의 모든 재료를 포함하는 것으로 간주될 수 있다.

[0086] 본 발명의 비트(34) 상의 절삭날은 임의의 적절한 절삭 구조를 가질 수 있다. 따라서, 접합을 일으키는 의도로 절삭, 절삭과 가열, 및 가열을 가능하게 하는 임의의 기능부가 비트(34)에 포함될 수 있다. 비트(34)는 나사산을 가질 수 있다. 따라서, 비트는 절삭 구조를 가질 수 없다. 대안적인 실시형태는 다른 공작물 재료 내부에 또는 이를 통해 홀 또는 개구부를 형성할 수 있도록 비트(34)의 가열을 이용한다.

[0087] 본 발명은 형성되는 홀의 측면을 축 방향으로 포함하는 다중 평면 상에서 확산 접합(diffusion bonding)을 가능하게 한다

[0088] 도 10은 두 가지 재료를 서로 접합하기 위해 마찰 리벳 접합을 사용하는 다른 실시형태를 도시하고 있다. 도 3 및 도 4와 비슷하게, 본 실시형태는 마찰 리벳의 기능을 하는 비트를 사용할 수 있다. 도 10은 본 실시형태가 마찰 리벳(130) 및 마찰 리벳 헤드 또는 마찰 리벳 캡(132)으로 구성되는 것을 도시하고 있다. 마찰 리벳(130)은 절삭 팁(134)을 포함할 수 있다. 절삭 팁(134)은 마찰 리벳(130)과 마찰 리벳 캡(132)을 사용하여 접합되는

공작물(136)을 절삭할 수 있다. 리벳(130) 옆의 화살표는 마찰 리벳의 이동 방향을 나타낸다.

[0089] 마찰 리벳(130)은 부착 단부(138)에서 마찰 리벳 접합 공구와 결합될 수 있다. 마찰 리벳 접합 공구는 마찰 리벳(130)이 공작물(136, 138)을 절삭할 수 있도록 충분한 속도로 회전할 수 있다.

[0090] 마찰 리벳(130)은 절삭 날(134) 대신에 부드러운 측면 또는 나사산 측면을 갖는 외부 표면을 가질 수 있다. 측면은 또한 직선이거나 곡선일 수 있다. 알아야 할 중요한 점은 마찰 리벳(130)이 마찰 리벳 캡(132)에 결합될 수 있다는 것이다. 나사산은 마찰 리벳 캡(132)이 사용되지 않는 경우라도 마찰 리벳(130) 상에 존재할 수도 있다는 것을 이해해야 한다.

[0091] 도 11은 마찰 리벳(130)이 공작물(136)을 절삭한 이후, 마찰 리벳이 마찰 리벳 캡(132)에 결합된 것을 도시하고 있다. 마찰 리벳 캡(132)은 또 다른 물체에 의해 공작물(136)에 대해 고정될 수 있다. 마찰 리벳(130)과 마찰 리벳 캡(132)은 동일하거나 다른 재료로 제조될 수 있다. 마찰 리벳(130)은 마찰 리벳 캡(132)과 결합되기 위해 이를 절삭하거나 절삭하지 않을 수 있다. 마찰 리벳 캡(132)에 마찰 리벳(130)을 결합시키는데 필요한 속도는 공작물(136)을 절삭하는데 필요한 속도와 다르거나 다르지 않을 수 있다.

[0092] 마찰 리벳(130)이 마찰 리벳 캡(132)에 결합된 이후, 마찰 리벳 접합 공구는 마찰 리벳을 해제한다. 마찰 리벳 접합 공구는 본 기술 분야의 숙련자에게 공지된 임의의 편리한 수단을 사용하여 마찰 리벳(130)에 부착될 수 있고, 본 실시형태의 신규한 양태로 간주되어서는 안 된다.

[0093] 도 12는 본 발명의 또 다른 양태를 도시하고 있다. 본 실시형태는 도 10 및 도 11에 도시된 실시형태와 비슷하다. 그러나, 마찰 리벳 캡(132)을 관통하는 데까지는 가지 않는 대신에, 마찰 리벳(130)은 마찰 리벳 캡(132)으로 연장될 수 있고, 따라서 적어도 부분적으로 절삭 팁(134)을 노출시킨다.

[0094] 도 12의 실시형태의 또 다른 차이점은 마찰 리벳(130)이 마찰 리벳 캡(132)을 절삭하거나 절삭하지 않을 수 있다는 것이다. 따라서, 홀이 마찰 리벳 캡(132)을 통해 미리 절삭되거나 절삭되지 않을 수 있다.

[0095] 홀(140)이 마찰 리벳 캡(132)을 통해 미리 절삭된 도 13에 도시된 대안적인 실시형태에서, 홀(140)의 내부 표면(142)은 나사산을 가질 수 있다. 나사산을 갖는 내부 표면(142)은 마찰 리벳(130)의 외부 표면 상의 나사산(144)에 대응할 수 있다. 마찰 리벳(130)의 나사산을 갖는 외부 표면(144)과 마찰 리벳 캡(132)의 나사산을 갖는 내부 표면(142)은 마찰 리벳 캡에 마찰 리벳을 결합하는데 걸리는 시간을 줄일 수 있다. 마찰 리벳(130)의 나사산을 갖는 외부 표면(144)과 마찰 리벳 캡(132)의 나사산을 갖는 내부 표면(142)은 또한 마찰 리벳이 마찰 리벳 캡에 볼트 결합되는 것을 가능하게 한다.

[0096] 도 14는 마찰 리벳 캡을 사용하지 않는 본 발명의 또 다른 실시형태를 도시하고 있다. 본 실시형태에서, 절삭 팁(134)은 마찰 리벳(130)의 내부 중간까지만 연장되는 중공부(146) 또는 홀을 포함하도록 수정된다. 중공부(146)는 절삭 팁(134) 내부로만 연장될 수 있고, 또는 마찰 리벳(130) 내부로 더 깊이 연장될 수 있다.

[0097] 중공부(146)의 목적은 절삭 팁(134)이 공작물(136)을 절삭할 수 있게 하고, 이후 플레어링 공구(150)가 마찰 리벳(130)에 대해 가압됨으로써 마찰 리벳의 단부가 외부로 플레어링되게 하여 일체형 리벳 헤드(148)를 형성할 수 있다. 플레어링 공구(150)의 형상은 오직 설명의 목적이며 사용될 수 있는 실제 플레어링 공구의 형상이나 크기를 제한하는 것으로 간주되어서는 안 된다.

[0098] 도 15는 플레어링 공구(150)에 의해 마찰 리벳(130)의 상부에 형성된 일체형 리벳 헤드(148)를 도시하고 있다. 마찰 리벳(130)의 길이는 일체형 리벳 헤드(148)가 형성될 수 있는 충분한 길이로 선택된다. 플레어링 공구(150)는 독립형 공구일 수 있고 또는 공작물(136)의 반대쪽에 있는 표면 상에 배치되는 플레어링 형상일 수 있다.

[0099] 플레어링 공구(150)가 마찰 리벳(130)과 접촉하여 일체형 리벳 헤드(148)를 형성할 때, 일체형 리벳 헤드는 공작물(136)에 접합되거나 접합되지 않을 수 있다.

[0100] 대안적인 실시형태에서, 마찰 리벳 캡(132)은 도 16에 도시된 바와 같이 여전히 사용된다. 도 15에서, 마찰 리벳 캡(132)이 사용되고, 마찰 리벳(130)의 플레어링은 마찰 리벳 캡을 제자리에 고정하는 기계적 간섭을 형성할 수 있다. 도 16의 실시형태의 한 가지 결과는 마찰 리벳(130) 내에서 잔류 응력이 형성될 수 있다는 것이다.

[0101] 도 10 내지 도 16은 공작물(136)을 절삭할 수 있는 마찰 리벳(130) 상의 절삭 팁(134)을 도시하고 있다. 절삭 팁은 홀이 미리 절삭되는 경우 공작물(136)을 절삭할 필요가 없을 수 있다. 또한, 마찰 리벳(130)은 홀이 공작물을 통해 미리 절삭되는 경우 절삭 팁을 필요로 하지 않을 수 있다. 그러나, 절삭 팁(134)는 마찰 리벳을 캡핑

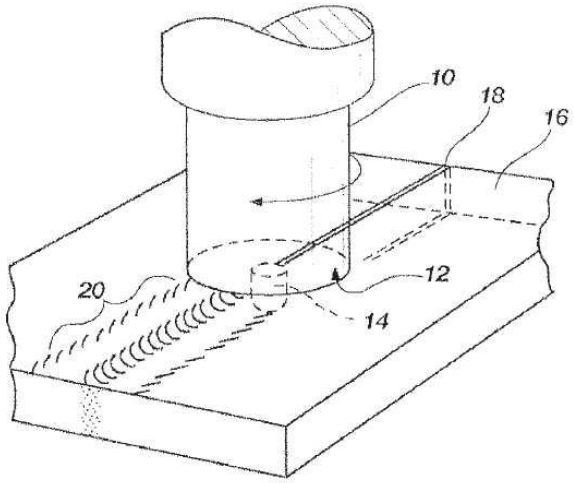
(capping)하기 위해 선택되는 방법에 따라 여전히 필요할 수 있다.

[0102] 또 다른 대안적인 실시형태에서, 도 9에 도시된 것과 유사한 멀티 세그먼트 리벳을 형성하기 위해 다수의 마찰 리벳(130)이 서로 연결될 수 있다. 따라서, 마찰 비트 리벳 공구는 중심축을 통해 배치되는 홀을 가질 수 있다. 홀은 멀티 필요한 경우 세그먼트 리벳이 홀을 통해 삽입되고 가압되게 할 수 있다. 멀티 세그먼트 리벳은 작은 핀 직경부를 갖는 다수의 갭을 포함할 수 있다. 마찰 리벳 접합 공구를 통해 다중 세그먼트 비트를 가압하고 작업 단부를 밀어내기 위해 플런저 기구가 사용될 수 있다. 다중 세그먼트 비트의 각각의 세그먼트가 파괴됨에 따라, 비트가 다음 마찰 교반 리벳팅 공정을 위해 충분히 노출될 때까지 플런저 기구는 홀을 통해 다중 세그먼트 비트를 아래로 가압할 수 있다. 이러한 방식으로, 다중 세그먼트 비트를 정지시키고 재배치할 필요 없이, 다수의 리벳이 공작물 내에 삽입될 수 있다.

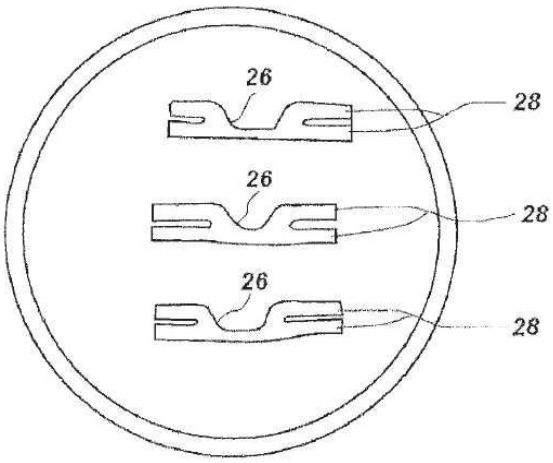
[0103] 상기한 구성들은 본 발명의 원리의 응용을 예시하기 위한 것일 뿐이다. 본 발명의 사상과 범위를 벗어나지 않고 본 기술 분야의 숙련자에 의해 많은 수정과 대안적인 구성이 고안될 수 있다. 첨부된 청구항은 이러한 수정과 구성을 포함하기 위한 것이다.

도면

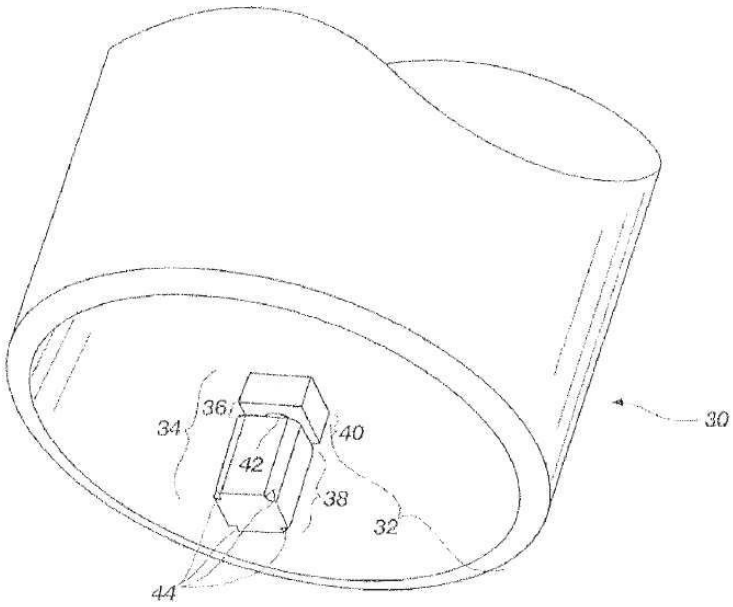
도면1



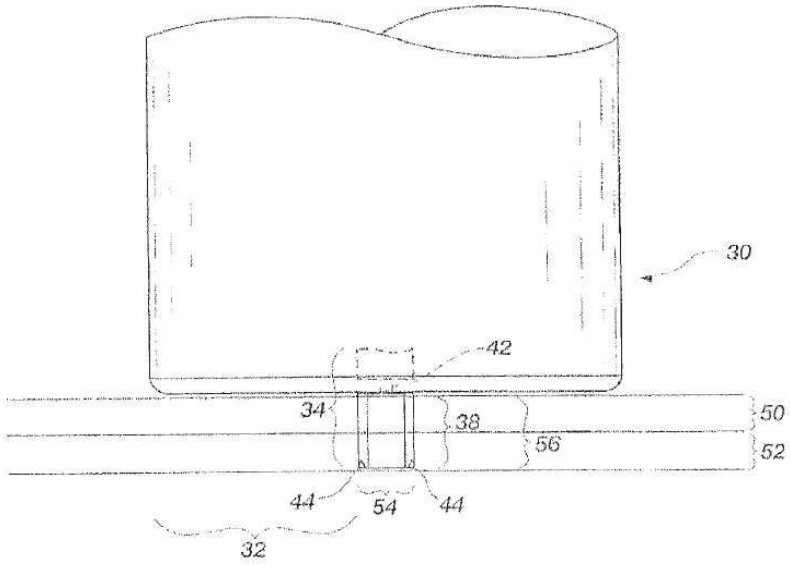
도면2



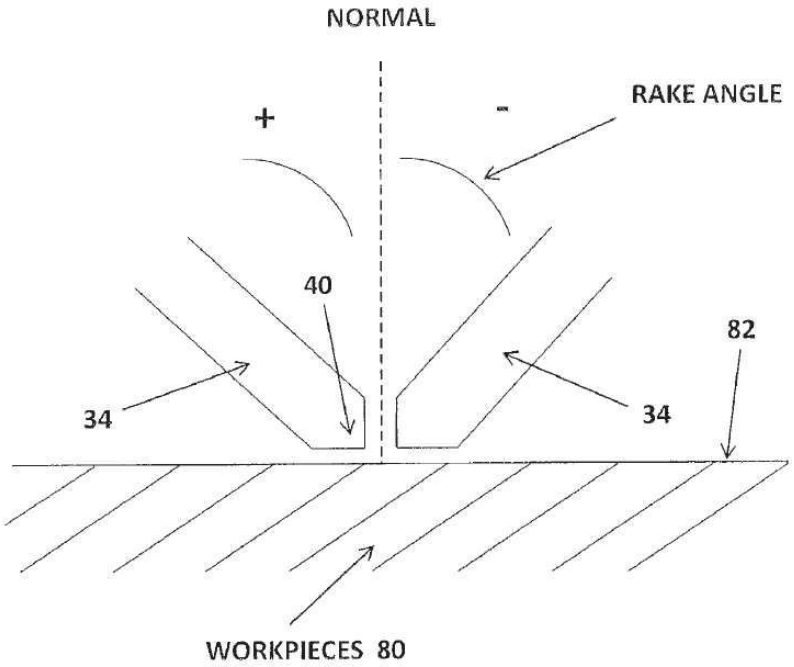
도면3



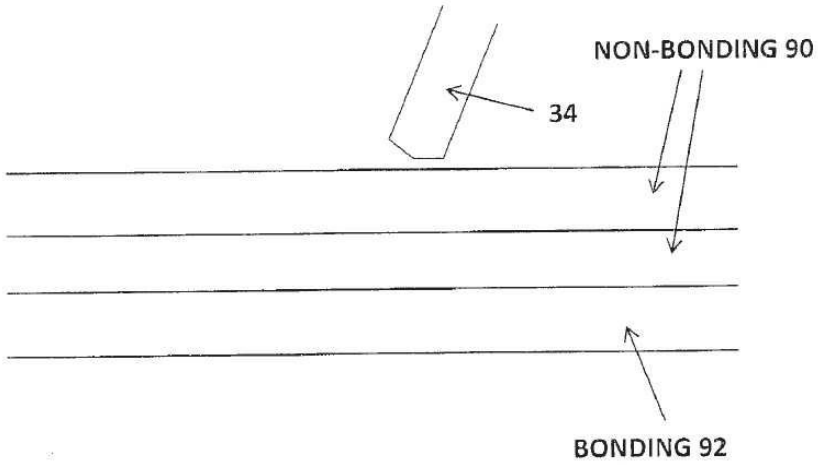
도면4



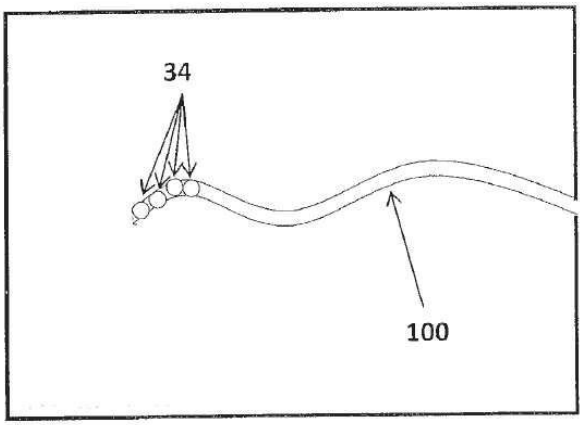
도면5


NORMAL
+
-
RAKE ANGLE
40
82
34
34
WORKPIECES 80

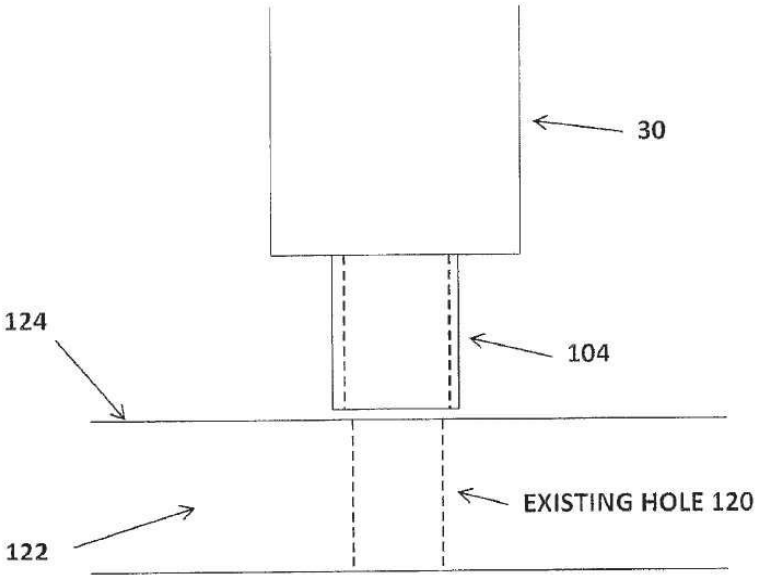
도면6


NON-BONDING 90
34
BONDING 92

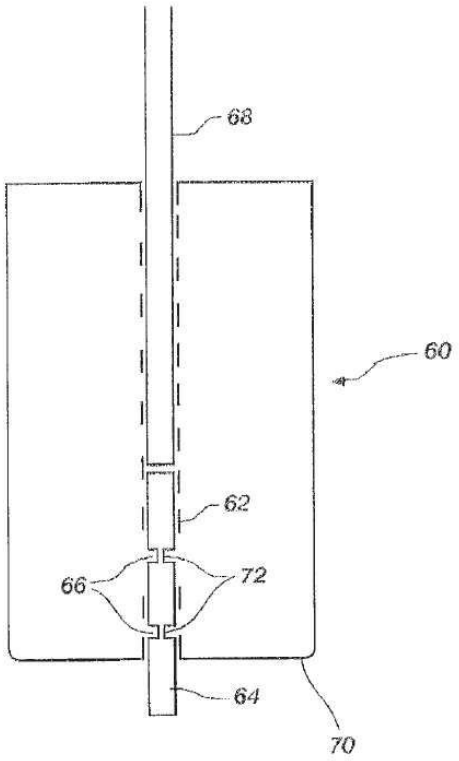
도면7



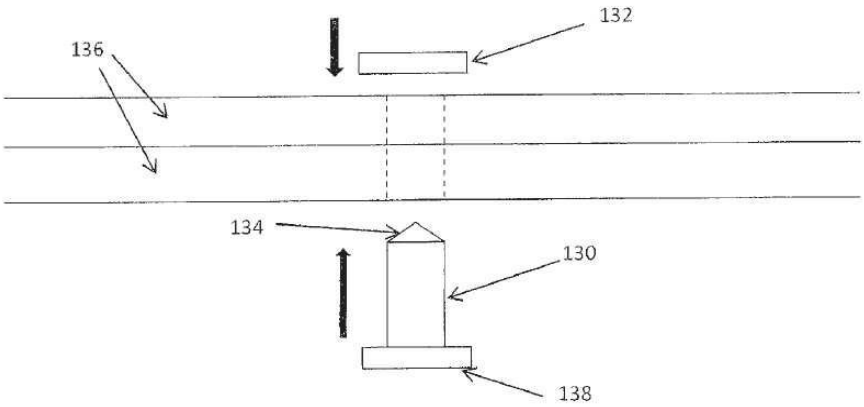
도면8



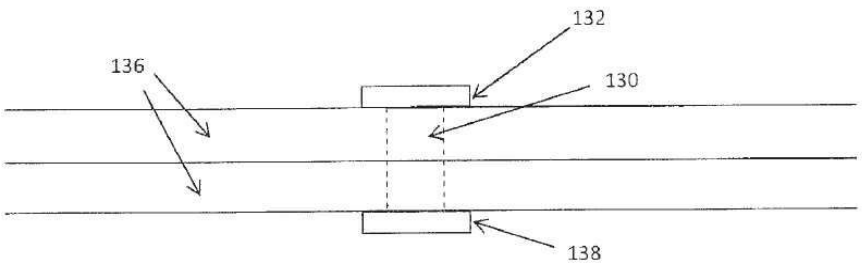
도면9



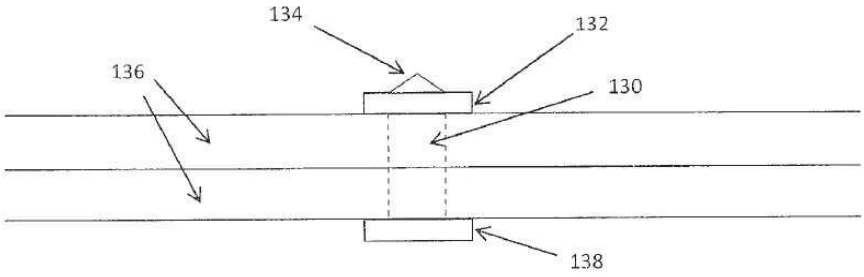
도면10



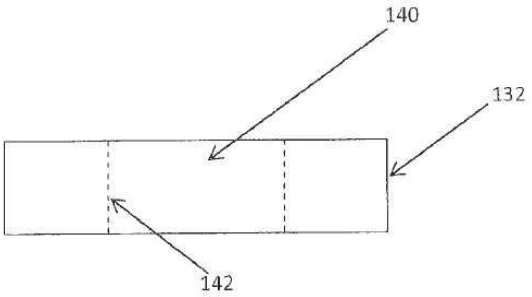
도면11

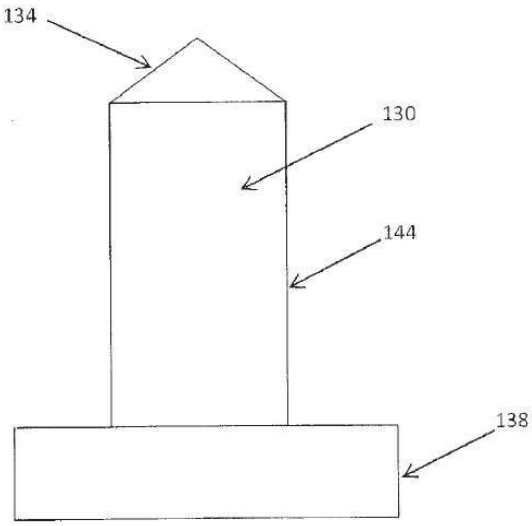


도면12

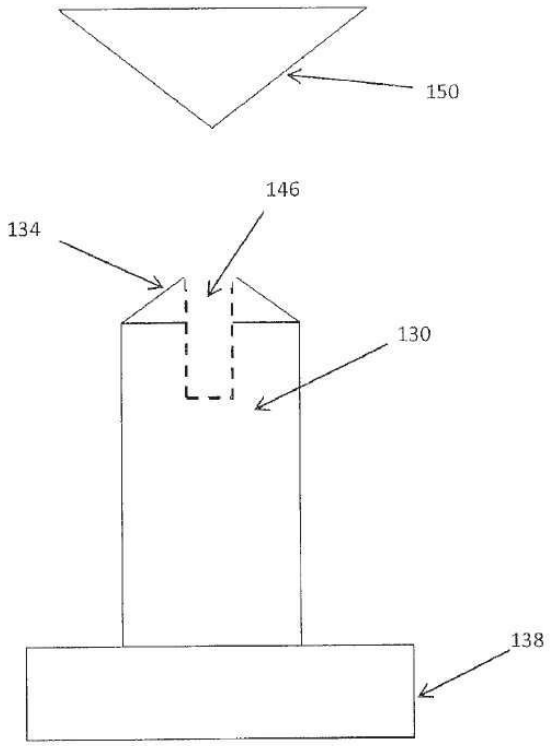


도면13

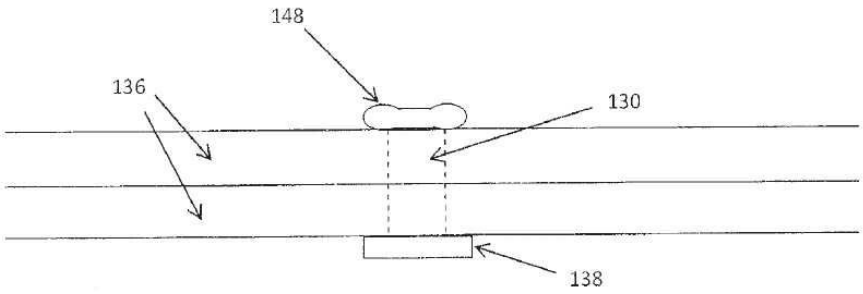




도면14



도면15



도면16

