



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년05월30일  
(11) 등록번호 10-1862972  
(24) 등록일자 2018년05월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B23K 20/12* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*B23K 20/125* (2013.01)  
*B23K 20/1225* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7036101
- (22) 출원일자(국제) 2015년06월16일  
심사청구일자 2016년12월23일
- (85) 번역문제출일자 2016년12월23일
- (65) 공개번호 10-2017-0009978
- (43) 공개일자 2017년01월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2015/067247
- (87) 국제공개번호 WO 2015/198910  
국제공개일자 2015년12월30일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2014-130636 2014년06월25일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
US06367681 B1\*  
JP11320127 A\*
- \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
미츠비시 주고교 가부시키가이샤  
일본 도쿄도 미나토구 고난 2쵸메 16방 5고
- (72) 발명자  
사토 히로아키  
일본 1088215 도쿄도 미나토구 고난 2쵸메 16방 5고 미츠비시 주고교 가부시키가이샤 내
- (74) 대리인  
한상옥, 성재동

전체 청구항 수 : 총 16 항

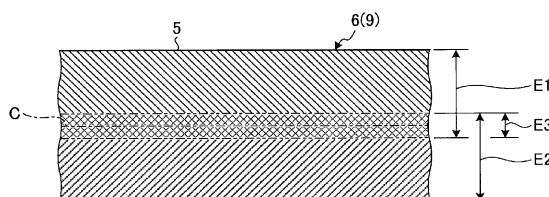
심사관 : 박환수

(54) 발명의 명칭 마찰 교반 접합 방법 및 마찰 교반 접합 장치

### (57) 요 약

본 발명은 금속재의 피접합부에 있어서의 두께가 변화되어도, 회전 틀에 가해지는 부하를 억제하면서, 접합 결합부의 발생을 억제하여, 피접합부의 마찰 교반 접합을 적합하게 행하는 것을 목적으로 한다. 본 발명에서는, 개선부(6)에 제1 교반 영역(E1)을 형성하는 제1 마찰 교반 접합 공정과, 제1 마찰 교반 접합 공정과 동시에 또는 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후, 개선부(6)를 사이에 두고, 두께 방향의 하방측에 배치되는 제2 회전 틀을 회전 시키면서 이동시킴으로써, 개선부(6)에 제2 교반 영역(E2)을 형성하는 제2 마찰 교반 접합 공정을 구비하고, 제1 교반 영역(E1)은 개선부(6)의 상방측으로부터 내부에 달하는 영역으로 되어 있고, 제2 교반 영역(E2)은 개선부(6)의 하방측으로부터 내부에 달하는 영역으로 되어 있고, 제1 교반 영역(E1)과 제2 교반 영역(E2)은, 두께 방향에 있어서 개선부(6)의 내부에서 서로 중복되는 구성으로 하였다.

### 대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류  
**B23K 20/1255** (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

금속재의 피접합부를 사이에 두고, 상기 피접합부의 두께 방향의 일방측에 배치되는 제1 회전 툴을 회전시키면서 제1 진행 방향으로 이동시킴으로써, 상기 피접합부에 제1 교반 영역을 형성하는 제1 마찰 교반 접합 공정과, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정과 동시에, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 두께 방향의 타방측에 배치되는 제2 회전 툴을 회전시키면서 제2 진행 방향으로 이동시킴으로써, 상기 피접합부에 제2 교반 영역을 형성하는 제2 마찰 교반 접합 공정을 구비하고,

상기 제1 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 일방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 영역으로 되어 있고,

상기 제2 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 타방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 영역으로 되어 있고,

상기 제1 교반 영역과 상기 제2 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복되어 있고,

상기 제1 마찰 교반 접합 공정과 동시에, 상기 제2 마찰 교반 접합 공정을 행하는 경우,

상기 제1 회전 툴의 제1 회전축과 상기 제2 회전 툴의 제2 회전축은, 평행하게 설치되고,

상기 제1 회전 툴과 상기 제2 회전 툴은, 상기 두께 방향에 직교하는 직교면 내에 있어서, 상기 제1 진행 방향 및 상기 제2 진행 방향에 직교하는 폭 방향의 좌우에 위치 어긋나게 해서 배치되는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 피접합부는 한 쌍의 금속재를 맞댐으로써 형성되는 개선부이며,

상기 개선부는 접합 개시점으로부터 접합 종료점을 향해 연장되는 용접선을 형성하고,

상기 제1 회전 툴 및 상기 제2 회전 툴은, 상기 용접선 상을 이동하는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 진행 방향과 상기 제2 진행 방향은, 동일한 진행 방향으로 되어 있고,

상기 제1 회전 툴은, 상기 두께 방향에 있어서의 길이가, 상기 피접합부의 일방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 길이로 형성되고,

상기 제2 회전 툴은, 상기 두께 방향에 있어서의 길이가, 상기 피접합부의 타방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 길이로 형성되고,

상기 제1 회전 툴과 상기 제2 회전 툴은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복됨과 함께, 적어도 상기 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치되는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1 회전 툴은,

상기 피접합부의 일방측 면과 접하는 제1 솔더부를 갖는 제1 툴 본체와,

상기 제1 툴 본체로부터 상기 제2 회전 툴축을 향해 돌출된 제1 프로브를 갖고,

상기 제2 회전 틀은,

상기 피접합부의 타방측 면과 접하는 제2 솔더부를 갖는 제2 틀 본체와,

상기 제2 틀 본체로부터 상기 제1 회전 틀측을 향해 돌출된 제2 프로브를 갖고,

상기 제1 회전 틀 및 상기 제2 회전 틀은, 상기 제1 솔더부와 상기 제2 솔더부 중 적어도 일부가 상기 두께 방향에 있어서 중복되는 범위에서, 위치 어긋나게 해서 배치되는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제1 회전 틀은, 상기 제1 회전축을 중심으로 회전하고,

상기 제1 솔더부는, 외주면이 원주면으로 되어 있고,

상기 제1 프로브는, 상기 제2 회전 틀측이 되는 선단측의 제1 선단면이 원형으로 되어 있고,

상기 제2 회전 틀은, 상기 제2 회전축을 중심으로 회전하고,

상기 제2 솔더부는, 외주면이 원주면으로 되어 있고,

상기 제2 프로브는, 상기 제1 회전 틀측이 되는 선단측의 제2 선단면이 원형으로 되어 있고,

상기 제1 회전축과 상기 제2 회전축 사이의 거리를 L로 하고, 상기 제1 솔더부의 직경을 D1로 하고, 상기 제1 선단면의 직경을 d1로 하고, 상기 제2 솔더부의 직경을 D2로 하고, 상기 제2 선단면의 직경을 d2로 하면,

상기 제1 회전 틀 및 상기 제2 회전 틀은,

$(D1/2 + d2/2) \leq (D2/2 + d1/2)$ 일 경우, 상기 거리 L이  $(d1/2 + d2/2) < L < (D1/2 + d2/2)$ 의 범위가 되도록, 위치 어긋나게 해서 배치되고,

$(D1/2 + d2/2) \geq (D2/2 + d1/2)$ 일 경우, 상기 거리 L이  $(d1/2 + d2/2) < L < (D2/2 + d1/2)$ 의 범위가 되도록, 위치 어긋나게 해서 배치되는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

#### 청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 두께 방향의 일방측으로부터 상기 제1 회전 틀 및 상기 제2 회전 틀을 보았을 때, 상기 제1 회전 틀의 회전 방향과 상기 제2 회전 틀의 회전 방향은, 서로 역회전으로 되어 있는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

#### 청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 회전 틀과 상기 제2 회전 틀은, 동일한 형상인 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

#### 청구항 8

금속재의 피접합부를 사이에 두고, 상기 피접합부의 두께 방향의 일방측에 배치되는 제1 회전 틀을 회전시키면서 제1 진행 방향으로 이동시킴으로써, 상기 피접합부에 제1 교반 영역을 형성하는 제1 마찰 교반 접합 공정과,

상기 제1 마찰 교반 접합 공정과 동시 또는 상기 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 두께 방향의 타방측에 배치되는 제2 회전 틀을 회전시키면서 제2 진행 방향으로 이동시킴으로써, 상기 피접합부에 제2 교반 영역을 형성하는 제2 마찰 교반 접합 공정을 구비하고,

상기 제1 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 일방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 영역으로 되어 있고,

상기 제2 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 타방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 영역으로 되어 있고,

상기 제1 교반 영역과 상기 제2 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복되어 있고,

상기 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후, 상기 제2 마찰 교반 접합 공정을 행하는 경우,

상기 제1 마찰 교반 접합 공정에서는, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 제1 회전 틀의 반대측에 설치되어, 상기 피접합부의 상기 두께 방향의 타방측에 맞닿는 제1 맞닿음면을 갖는 상기 제1 회전 틀에 반력을 부여하는 제1 반력 회전 틀이 배치되고,

상기 제2 마찰 교반 접합 공정에서는, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 제2 회전 틀의 반대측에 설치되어, 상기 피접합부의 상기 두께 방향의 일방측에 맞닿는 제2 맞닿음면을 갖는 상기 제2 회전 틀에 반력을 부여하는 제2 반력 회전 틀이 배치되고,

상기 제1 회전 틀은,

상기 피접합부의 일방측 면과 접하는 제1 솔더부를 갖는 제1 틀 본체와,

상기 제1 회전 틀의 제1 회전축을 따라, 상기 제1 틀 본체에 관통 형성되는 제1 삽입 관통 구멍과,

상기 제1 삽입 관통 구멍에 삽입 관통되어, 상기 제1 회전축의 축 방향으로 이동 가능하게 구성됨과 함께, 상기 제1 틀 본체로부터 상기 제1 반력 회전 틀을 향해 돌출된 제1 프로브 핀을 갖고,

상기 제1 반력 회전 틀은,

상기 피접합부의 타방측 면과 접하는 제2 솔더부를 갖는 제2 틀 본체와,

상기 제1 반력 회전 틀의 제2 회전축을 따라, 상기 제2 틀 본체에 관통 형성되는 제2 삽입 관통 구멍과,

상기 제2 삽입 관통 구멍에 삽입 관통되어, 상기 제2 회전축의 축 방향으로 이동 가능하게 구성됨과 함께, 상기 제2 틀 본체로부터 상기 제1 회전 틀을 향해 돌출된 제2 프로브 핀을 갖고,

상기 제1 마찰 교반 접합 공정에서는, 상기 제1 회전 틀 및 상기 제1 반력 회전 틀을, 상기 제1 회전축과 상기 제2 회전축이 동일축 상이 되도록 배치하고, 상기 제1 프로브 핀과 상기 제2 프로브 핀을 소정의 간극을 두고 대향시켜, 상기 제1 프로브 핀의 돌출 길이를, 상기 제2 프로브 핀보다도 길게 하고 있고,

상기 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후, 상기 제1 회전 틀의 상기 제1 프로브 핀의 돌출 길이와, 상기 제1 반력 회전 틀의 상기 제2 프로브 핀의 돌출 길이를 변위시켜, 상기 제2 프로브 핀의 돌출 길이를, 상기 제1 프로브 핀보다도 길게 함으로써, 상기 제1 회전 틀을 상기 제2 반력 회전 틀로 하고, 상기 제1 반력 회전 틀을 상기 제2 회전 틀로 하는 교체 공정을, 더 구비하는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

## 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후, 상기 금속재의 위치를 유지한 상태에서, 상기 제2 마찰 교반 접합 공정을 실행하는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

## 청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 피접합부의 상기 두께 방향이 연직 방향일 경우,

상기 제1 마찰 교반 접합 공정에서는, 상기 제1 회전 틀이 상기 피접합부의 상방측이 되도록 배치되는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

## 청구항 11

제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 제1 진행 방향과 상기 제2 진행 방향은, 역방향으로 되어 있는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

## 청구항 12

제1항, 제2항, 제8항 및 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 피접합부가 마찰 교반 접합됨으로써 형성된 상기 금속재의 접합부에 발생하는 접합 결함부를 보수할 경우,

상기 접합부를 사이에 두고, 상기 접합부의 두께 방향의 일방측에 배치되는 보수용 회전 틀과, 상기 접합부를 사이에 두고, 상기 두께 방향의 타방측에 배치되어, 상기 보수용 회전 틀에 반력을 부여하는 반력 회전 틀을 회전시키면서, 소정의 진행 방향으로 이동시킴으로써, 상기 접합부의 보수를 행하고 있고,

상기 보수용 회전 틀은, 상기 두께 방향에 있어서의 길이가, 상기 접합부의 일방측으로부터 상기 접합부의 내부

에 달함과 함께, 상기 접합 결합부를 덮는 길이로 되어 있는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 방법.

### 청구항 13

금속재의 피접합부를 사이에 두고, 상기 피접합부의 두께 방향의 일방측에 배치되어, 상기 피접합부의 일방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 길이가 되는 제1 회전 틀과,

상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 두께 방향의 타방측에 배치되어, 상기 피접합부의 타방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 길이가 되는 제2 회전 틀을 구비하고,

상기 제1 회전 틀은, 회전하면서 제1 진행 방향으로 이동함으로써, 상기 피접합부에 제1 교반 영역을 형성하고,

상기 제2 회전 틀은, 상기 제1 회전 틀과 동시에 상기 피접합부를 사이에 두고 회전하면서 제2 진행 방향으로 이동함으로써, 상기 피접합부에 제2 교반 영역을 형성하고,

상기 제1 교반 영역과 상기 제2 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복되어 있고,

상기 제1 회전 틀의 제1 회전축과, 상기 제2 회전 틀의 제2 회전축은, 평행하게 설치되고,

상기 제1 회전 틀과 상기 제2 회전 틀은, 상기 두께 방향에 직교하는 직교면 내에 있어서, 상기 제1 진행 방향 및 상기 제2 진행 방향에 직교하는 폭 방향의 좌우에 위치 어긋나게 해서 배치되는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 장치.

### 청구항 14

제13항에 있어서, 상기 제1 진행 방향과 상기 제2 진행 방향은, 동일한 진행 방향으로 되어 있고,

상기 제1 회전 틀 및 상기 제2 회전 틀은, 상기 피접합부의 상기 두께 방향에 있어서의 양측을 사이에 두고 회전하면서, 상기 진행 방향으로 이동해서 마찰 교반 접합을 행하고 있고,

상기 제1 회전 틀과 상기 제2 회전 틀은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복됨과 함께, 적어도 상기 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치되는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 장치.

### 청구항 15

금속재의 피접합부를 사이에 두고, 상기 피접합부의 두께 방향의 일방측에 배치되어, 상기 피접합부의 일방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 길이가 되는 제1 회전 틀과,

상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 두께 방향의 타방측에 배치되어, 상기 피접합부의 타방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 길이가 되는 제2 회전 틀을 구비하고,

상기 제1 회전 틀은, 회전하면서 제1 진행 방향으로 이동함으로써, 상기 피접합부에 제1 교반 영역을 형성하고,

상기 제2 회전 틀은, 회전하면서 제2 진행 방향으로 이동함으로써, 상기 피접합부에 제2 교반 영역을 형성하고,

상기 제1 교반 영역과 상기 제2 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복되어 있고,

상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 제1 회전 틀의 반대측에 설치되어, 상기 제1 회전 틀에 반력을 부여하는 제1 반력 회전 틀과,

상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 제2 회전 틀의 반대측에 설치되어, 상기 제2 회전 틀에 반력을 부여하는 제2 반력 회전 틀을 더 구비하고,

상기 제1 회전 틀 및 상기 제1 반력 회전 틀은, 상기 피접합부의 상기 두께 방향에 있어서의 양측을 사이에 두고 회전하면서, 소정의 진행 방향으로 이동해서 제1 마찰 교반 접합을 실행하고,

상기 제1 마찰 교반 접합의 실행 후, 상기 제2 회전 틀 및 상기 제2 반력 회전 틀은, 상기 피접합부의 상기 두께 방향에 있어서의 양측을 사이에 두고 회전하면서, 소정의 진행 방향으로 이동해서 제2 마찰 교반 접합을 실행하고 있고,

상기 제1 회전 틀은,

상기 피접합부의 일방측 면과 접하는 제1 솔더부를 갖는 제1 틀 본체와,

상기 제1 회전 틀의 제1 회전축을 따라, 상기 제1 틀 본체에 관통 형성되는 제1 삽입 관통 구멍과,

상기 제1 삽입 관통 구멍에 삽입 관통되어, 상기 제1 회전축의 축 방향으로 이동 가능하게 구성됨과 함께, 상기 제1 틀 본체로부터 상기 제1 반력 회전 틀을 향해 돌출된 제1 프로브 핀을 갖고,

상기 제1 반력 회전 틀은,

상기 피접합부의 타방측 면과 접하는 제2 솔더부를 갖는 제2 틀 본체와,

상기 제1 반력 회전 틀의 제2 회전축을 따라, 상기 제2 틀 본체에 관통 형성되는 제2 삽입 관통 구멍과,

상기 제2 삽입 관통 구멍에 삽입 관통되어, 상기 제2 회전축의 축 방향으로 이동 가능하게 구성됨과 함께, 상기 제2 틀 본체로부터 상기 제1 회전 틀을 향해 돌출된 제2 프로브 핀을 갖고,

상기 제1 마찰 교반 접합에서는, 상기 제1 회전 틀 및 상기 제1 반력 회전 틀을, 상기 제1 회전축과 상기 제2 회전축이 동일축 상이 되도록 배치하고, 상기 제1 프로브 핀과 상기 제2 프로브 핀을 소정의 간극을 두고 대향 시켜, 상기 제1 프로브 핀의 돌출 길이를, 상기 제2 프로브 핀보다도 길게 하고 있고,

상기 제1 마찰 교반 접합의 실행 후, 상기 제1 회전 틀의 상기 제1 프로브 핀의 돌출 길이와, 상기 제1 반력 회전 틀의 상기 제2 프로브 핀의 돌출 길이를 변위시켜, 상기 제2 프로브 핀의 돌출 길이를, 상기 제1 프로브 핀보다도 길게 함으로써, 상기 제1 회전 틀을 상기 제2 반력 회전 틀로 하고, 상기 제1 반력 회전 틀을 상기 제2 회전 틀로 하는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 장치.

#### 청구항 16

제13항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 피접합부가 마찰 교반 접합됨으로써 형성된 상기 금속재의 접합부에 발생하는 접합 결함부를 보수할 경우,

상기 접합부를 사이에 두고, 상기 접합부의 두께 방향의 일방측에 배치되어, 상기 접합부의 일방측으로부터 상기 접합부의 내부에 달함과 함께, 상기 접합 결함부를 덮는 길이가 되는 보수용 회전 틀과,

상기 접합부를 사이에 두고, 상기 두께 방향의 타방측에 배치되어, 상기 보수용 회전 틀에 반력을 부여하는 반력 회전 틀을 구비하고,

상기 보수용 회전 틀 및 상기 반력 회전 틀은, 상기 접합부의 상기 두께 방향에 있어서의 양측을 사이에 두고 회전하면서, 소정의 진행 방향으로 이동함으로써, 상기 접합부의 보수를 실행하는 것을 특징으로 하는, 마찰 교반 접합 장치.

#### 청구항 17

삭제

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

#### 청구항 21

삭제

## 청구항 22

삭제

## 청구항 23

삭제

## 청구항 24

삭제

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 발명은, 피접합부를 마찰 교반 접합에 의해 접합하는 마찰 교반 접합 방법 및 마찰 교반 접합 장치에 관한 것이다.

## 배경기술

[0002] 종래, 금속판의 접합부에 그 표면층 및 이면층으로부터 삽입되는 상하 회전 툴을 사용하고, 상하 회전 툴에 의해 마찰 교반해서 금속판을 접합하는 마찰 교반 접합 장치가 알려져 있다(예를 들어, 특허문현 1 참조). 이 마찰 교반 접합 장치에 있어서, 상하 회전 툴은, 원통형의 툴 본체와, 툴 본체의 선단부에 설치된 프로브를 갖고 있다. 그리고 툴 본체의 선단부에 있어서의 프로브의 설치부 주변에 솔더부가 형성되어 있다. 마찰 교반 접합 장치는, 상하 회전 툴의 프로브 선단부 사이에 소정의 간극을 부여한 상태에서 마찰 교반 접합을 행하고 있다.

[0003] 또한, 금속판의 접합부 표면층 및 이면층에 서로 대향하도록 배치되는 제1 및 제2 회전 툴을 사용하고, 제1 및 제2 회전 툴에 의해 마찰 교반해서 금속판을 접합하는 마찰 교반 접합 장치가 알려져 있다(예를 들어, 특허문현 2 참조). 이 마찰 교반 접합 장치에 있어서, 제1 및 제2 회전 툴 중 한쪽은, 솔더부를 선단 부분에 형성한 툴 본체와, 툴 본체로부터 돌출하여 형성된 프로브(돌기부)를 갖고, 다른 쪽은, 솔더부를 선단 부분에 형성한 툴 본체와, 프로브의 선단부를 수납하는 오목부를 갖고 있다. 마찰 교반 접합 장치는, 한쪽 회전 툴의 돌기부를, 다른 쪽 회전 툴의 오목부에 삽입한 상태에서 마찰 교반 접합을 행하고 있다.

## 선행기술문현

## 특허문현

[0004] (특허문현 0001) 일본 특허 제4838385호 공보

(특허문현 0002) 일본 특허 제4838389호 공보

## 발명의 내용

## 해결하려는 과제

[0005] 그러나 특허문현 1에 기재된 마찰 교반 접합 장치는, 상하 회전 툴의 프로브 선단 사이에 소정의 간극이 부여된다. 이로 인해, 금속판의 판 두께가 두꺼워지면, 재료 규격에서 허용되는 공차의 절댓값이 커지기 때문에, 간극이 커져 버려, 키싱 본드라고 불리는 접합 결합부(미접합부)가 발생할 가능성이 있다. 특히, 2000계나 7000계의 알루미늄 합금과 같은 접합 온도에서의 유동 특성이 나쁜 재료에서는, 허용할 수 있는 간극의 양이 작아, 이러한 결함이 발생하기 쉽다. 또한, 접합 후의 금속판을 소성 가공할 경우에는, 접합 결합부를 기인으로 하는 균열 등의 파손이 발생할 가능성이 있다.

[0006] 또한, 특허문현 2에 기재된 마찰 교반 접합 장치는, 프로브가 금속판의 두께 방향에 걸쳐 설치되어 있다. 이로 인해, 금속판의 판 두께가 두꺼워지면, 프로브의 길이를 길게 할 필요가 있다. 프로브의 길이를 길게 하면, 프로브에 가해지는 굽힘 모멘트가 커지기 때문에, 공구에 대한 부하가 커져 버려, 공구의 파손으로 이어질 가능성도 높다. 또한, 공구에 가해지는 부하에 견딜 수 있는 구성으로 하면, 프로브의 직경을 크게 할 필요가 있으므로

로, 회전 툴을 큰 것으로 해야만 해, 이에 수반하여 공구를 구동하는 축이나 모터 등의 장치 구성을 크게 하게 되어 버린다.

[0007] 따라서, 본 발명은 금속재의 피접합부에 있어서의 두께가 변화되어도, 회전 툴에 가해지는 부하를 억제하면서, 접합 결합부의 발생을 억제하여, 피접합부의 마찰 교반 접합을 적합하게 행할 수 있는 마찰 교반 접합 방법 및 마찰 교반 접합 장치를 제공하는 것을 과제로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 마찰 교반 접합 방법은, 금속재의 피접합부를 사이에 두고, 상기 피접합부의 두께 방향의 일방측에 배치되는 제1 회전 툴을 회전시키면서 제1 진행 방향으로 이동시킴으로써, 상기 피접합부에 제1 교반 영역을 형성하는 제1 마찰 교반 접합 공정과, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정과 동시 또는 상기 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 두께 방향의 타방측에 배치되는 제2 회전 툴을 회전시키면서 제2 진행 방향으로 이동시킴으로써, 상기 피접합부에 제2 교반 영역을 형성하는 제2 마찰 교반 접합 공정을 구비하고, 상기 제1 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 일방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 영역으로 되어 있고, 상기 제2 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 타방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 영역으로 되어 있고, 상기 제1 교반 영역과 상기 제2 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복되는 것을 특징으로 한다.

[0009] 이 구성에 의하면, 제1 마찰 교반 접합 공정에 의해 피접합부에 제1 교반 영역을 형성하고, 제2 마찰 교반 접합 공정에 의해 피접합부에 제2 교반 영역을 형성할 수 있다. 그리고 형성된 제1 교반 영역과 제2 교반 영역은, 피접합부의 두께 방향으로 중복되므로, 두께 방향의 전역에 걸쳐 마찰 교반을 행할 수 있다. 이로 인해, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴 사이에 소정의 간극이 형성되는 일이 없으므로, 접합 결합부의 발생을 억제할 수 있다. 또한, 금속재의 피접합부의 두께가 변화되어도, 제1 교반 영역과 제2 교반 영역이 중복되는 중복 영역을 두께 방향으로 변화시키면 되므로, 제1 회전 툴 및 제2 회전 툴의 길이를 바꿀 필요가 없으므로, 회전 툴에 대한 부하의 증대를 억제할 수 있다. 이상으로부터, 금속재의 피접합부에 있어서의 두께가 변화되어도 회전 툴에 가해지는 부하를 억제하면서, 접합 결합부의 발생을 억제하여, 피접합부의 마찰 교반 접합을 적합하게 행할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 피접합부는 한 쌍의 금속재를 맞댄으로써 형성되는 개선부이며, 상기 개선부는 접합 개시점으로부터 접합 종료점을 향해 연장되는 용접선을 형성하고, 상기 제1 회전 툴 및 상기 제2 회전 툴은, 상기 용접선 상을 이동하는 것이 바람직하다.

[0011] 이 구성에 의하면, 제1 회전 툴 및 제2 회전 툴이 용접선 상을 이동하여, 제1 교반 영역 및 제2 교반 영역을 형성할 수 있다. 이로 인해, 한 쌍의 금속재를 맞댄 맞댄면에 있어서, 제1 교반 영역 및 제2 교반 영역을 두께 방향의 전역에 걸쳐 형성할 수 있으므로, 접합 결합부의 발생을 억제할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정과 동시에, 상기 제2 마찰 교반 접합 공정을 행하는 경우, 상기 제1 진행 방향과 상기 제2 진행 방향은 동일한 진행 방향으로 되어 있고, 상기 제1 회전 툴은 상기 두께 방향에 있어서의 길이가 상기 피접합부의 일방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 길이로 형성되고, 상기 제2 회전 툴은 상기 두께 방향에 있어서의 길이가 상기 피접합부의 타방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 길이로 형성되고, 상기 제1 회전 툴과 상기 제2 회전 툴은 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복됨과 함께, 적어도 상기 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치되는 것이 바람직하다.

[0013] 이 구성에 의하면, 제1 마찰 교반 접합 공정과 제2 마찰 교반 접합 공정을 동시에 행하는 경우, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴을 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치함으로써, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴의 물리적인 간섭을 억제할 수 있다. 또한, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴을 두께 방향에 있어서 중복되는 배치로 함으로써, 제1 회전 툴 및 제2 회전 툴에 의해 형성되는 제1 교반 영역 및 제2 교반 영역을, 두께 방향으로 중복시킬 수 있다. 여기서, 예를 들어 제1 회전 툴과 제2 회전 툴이 동일한 길이일 경우, 제1 회전 툴 및 제2 회전 툴의 길이는, 피접합부의 두께의 절반보다도 길게 되어 있다.

[0014] 또한, 상기 제1 회전 툴과 상기 제2 회전 툴은, 상기 두께 방향에 직교하는 직교면 내에서, 상기 진행 방향에 직교하는 폭 방향의 좌우에 위치 어긋나게 해서 배치되는 것이 바람직하다.

[0015] 이 구성에 의하면, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴을 폭 방향의 좌우에 위치 어긋나게 한 만큼, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴 사이의 거리가 넓어지므로, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴을 진행 방향에 근접시킬 수 있게 된다. 이로

인해, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴을 폭 방향의 좌우에 위치 어긋나게 해서 배치함으로써, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴의 물리적인 간섭을 보다 적합하게 억제할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 제1 회전 툴은, 상기 피접합부의 일방측 면과 접하는 제1 솔더부를 갖는 제1 툴 본체와, 상기 제1 툴 본체로부터 상기 제2 회전 툴측을 향해 돌출된 제1 프로브를 갖고, 상기 제2 회전 툴은, 상기 피접합부의 타방측 면과 접하는 제2 솔더부를 갖는 제2 툴 본체와, 상기 제2 툴 본체로부터 상기 제1 회전 툴측을 향해 돌출된 제2 프로브를 갖고, 상기 제1 회전 툴 및 상기 제2 회전 툴은, 상기 제1 솔더부와 상기 제2 솔더부 중 적어도 일부가 상기 두께 방향에 있어서 중복되는 범위에서, 위치 어긋나게 해서 배치되는 것이 바람직하다.

[0017] 이 구성에 의하면, 제1 회전 툴 및 제2 회전 툴은, 서로 반력을 부여할 수 있으므로, 피접합부의 두께 방향에 있어서의 위치를 소정의 위치로 유지하면서, 피접합부를 적합하게 마찰 교반할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 제1 회전 툴은 제1 회전축을 중심으로 회전하고, 상기 제1 솔더부는 외주면이 원주면으로 되어 있고, 상기 제1 프로브는 상기 제2 회전 툴측이 되는 선단측의 제1 선단면이 원형으로 되어 있고, 상기 제2 회전 툴은 제2 회전축을 중심으로 회전하고, 상기 제2 솔더부는 외주면이 원주면으로 되어 있고, 상기 제2 프로브는 상기 제1 회전 툴측이 되는 선단측의 제2 선단면이 원형으로 되어 있고, 상기 제1 회전축과 상기 제2 회전축 사이의 거리를 L로 하고, 상기 제1 솔더부의 직경을 D1로 하고, 상기 제1 선단면의 직경을 d1로 하고, 상기 제2 솔더부의 직경을 D2로 하고, 상기 제2 선단면의 직경을 d2로 하면, 상기 제1 회전 툴 및 상기 제2 회전 툴은,  $(D1/2 + d2/2) \leq (D2/2 + d1/2)$ 일 경우, 상기 거리 L이  $(d1/2 + d2/2) < L < (D1/2 + d2/2)$ 의 범위가 되도록 위치 어긋나게 해서 배치되고,  $(D1/2 + d2/2) \geq (D2/2 + d1/2)$ 일 경우, 상기 거리 L이  $(d1/2 + d2/2) < L < (D2/2 + d1/2)$ 의 범위가 되도록, 위치 어긋나게 해서 배치되는 것이 바람직하다.

[0019] 이 구성에 의하면, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴 사이의 거리 L을 상기 범위로 함으로써, 서로 반력을 보다 확실하게 부여할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 두께 방향의 일방측으로부터 상기 제1 회전 툴 및 상기 제2 회전 툴을 보았을 때, 상기 제1 회전 툴의 회전 방향과 상기 제2 회전 툴의 회전 방향은, 서로 역회전으로 되어 있는 것이 바람직하다.

[0021] 이 구성에 의하면, 제1 회전 툴의 진행 방향의 전방측에 있어서 피접합부에 부여되는 하중 방향과, 제2 회전 툴의 진행 방향의 전방측에 있어서 피접합부에 부여되는 하중 방향이 역방향이 된다. 이로 인해, 제1 회전 툴에 의한 피접합부에의 하중과, 제2 회전 툴에 의한 피접합부에의 하중을 서로 상쇄할 수 있으므로, 피접합부에 대하여 하중이 치우치는 것을 억제할 수 있다. 또한, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴 사이에 있어서, 마찰 교반되는 금속재의 흐름 방향을 일방향으로 할 수 있다. 이로 인해, 마찰 교반되는 금속재를 원활하게 유동시킬 수 있다.

[0022] 또한, 상기 제1 회전 툴과 상기 제2 회전 툴은, 동일한 형상인 것이 바람직하다.

[0023] 이 구성에 의하면, 제1 회전 툴 및 제2 회전 툴에 의한 마찰 교반의 조건을, 피접합부의 두께 방향의 양측에 있어서, 거의 동일 조건으로 할 수 있으므로, 피접합부의 마찰 교반 접합을 적합하게 행할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후, 상기 제2 마찰 교반 접합 공정을 행하는 경우, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정에서는, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 제1 회전 툴의 반대측에 설치되어, 상기 피접합부의 상기 두께 방향의 타방측에 맞닿는 제1 맞닿음면을 갖는 상기 제1 회전 툴에 반력을 부여하는 제1 반력 회전 툴이 배치되고, 상기 제2 마찰 교반 접합 공정에서는, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 제2 회전 툴의 반대측에 설치되어, 상기 피접합부의 상기 두께 방향의 일방측에 맞닿는 제2 맞닿음면을 갖는 상기 제2 회전 툴에 반력을 부여하는 제2 반력 회전 툴이 배치되는 것이 바람직하다.

[0025] 이 구성에 의하면, 제1 마찰 교반 접합 공정에 있어서, 제1 회전 툴과 제1 반력 회전 툴을 사용하여, 제1 교반 영역을 형성할 수 있다. 이때, 제1 반력 회전 툴은, 제1 회전 툴에 반력을 부여함으로써, 피접합부의 두께 방향에 있어서의 위치 변동을 억제할 수 있고, 또한 피접합부에 대하여 회전에 의한 입열을 부여할 수 있다. 또한, 제2 마찰 교반 접합 공정에 있어서, 제2 회전 툴과 제2 반력 회전 툴을 사용하여, 제2 교반 영역을 형성할 수 있다. 이때, 제1 마찰 교반 접합 공정과 마찬가지로, 제2 반력 회전 툴은 제2 회전 툴에 반력을 부여함으로써, 피접합부의 두께 방향에 있어서의 위치 변동을 억제할 수 있고, 또한 피접합부에 대하여 회전에 의한 입열을 부여할 수 있다. 그리고 형성된 제1 교반 영역과 제2 교반 영역은, 피접합부의 두께 방향으로 중복되므로, 두께 방향의 전역에 걸쳐 마찰 교반을 행할 수 있다. 이로 인해, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴 사이에 소정의 간극이 형성되는 일이 없으므로, 접합 결함부의 발생을 억제할 수 있다. 또한, 금속재의 피접합부의 두께가 변화되어도, 제1 교반 영역과 제2 교반 영역이 중복되는 중복 영역을 두께 방향으로 변화시키면 되므로, 제1 회전

툴 및 제2 회전 툴의 길이를 바꿀 필요가 없으므로, 회전 툴에 대한 부하의 증대를 억제할 수 있다. 이상으로 부터, 금속재의 피접합부에 있어서의 두께가 변화되어도 회전 툴에 가해지는 부하를 억제하면서, 접합 결합부의 발생을 억제하여, 피접합부의 마찰 교반 접합을 적합하게 행할 수 있다.

[0026] 또한, 상기 제1 반력 회전 툴의 상기 제1 맞닿음면 및 상기 제2 반력 회전 툴의 상기 제2 맞닿음면 중 적어도 한쪽은, 평탄면인 것이 바람직하다.

[0027] 이 구성에 의하면, 마찰 교반 시에 있어서, 제1 맞닿음면 및 제2 맞닿음면이 평탄면이 되므로, 평탄면이 되는 제1 반력 회전 툴 및 제2 반력 회전 툴의 회전에 필요한 힘을 저감시킬 수 있다. 또한, 마찰 교반 접합의 초기에 있어서, 평탄면이 되는 제1 반력 회전 툴 및 제2 반력 회전 툴에 대해서는, 회전 툴에 형성되는 돌기부를 피접합부에 삽입하는 공정 및 인발하는 공정이 불필요하게 되어, 접합 작업 공정을 단순화할 수 있다. 또한, 일반적으로, 마찰 교반 접합에서는 피접합부를 사이에 두고 회전 툴의 반대측에 뒷댐판을 대지만, 뒷댐판을 사용한 경우와는 달리, 피용접부의 요철에 따라서 각 회전 툴 및 각 반력 회전 툴의 위치를 제어함으로써, 각 반력 회전 툴의 평탄면을 피용접부에 확실하게 접촉시킬 수 있고, 또한 이에 의해, 반대측의 각 회전 툴의 반력을 받을 수 있으므로, 피용접부를 적합하게 마찰 교반 접합할 수 있다. 또한, 뒷댐판을 사용하는 경우와는 달리, 각 반력 회전 툴의 피용접부에 접촉 면적이 한정되고, 또한 각 반력 회전 툴의 회전에 의한 입열도 있으므로, 피접합부의 반력 회전 툴측에 대한 열 손실을 저감시킬 수 있다.

[0028] 또한, 상기 제1 반력 회전 툴의 상기 제1 맞닿음면 및 상기 제2 반력 회전 툴의 상기 제2 맞닿음면 중 적어도 한쪽에는, 돌기부가 형성되는 것이 바람직하다.

[0029] 이 구성에 의하면, 마찰 교반 시에 있어서, 제1 맞닿음면 및 제2 맞닿음면이 맞닿는 측의 피접합부의 면을, 돌기부에 의해 마찰 교반 접합할 수 있다. 이로 인해, 예를 들어 제1 마찰 교반 접합 후에 제2 마찰 교반 접합을 행하는 경우, 제2 회전 툴에 의한 마찰 교반에 앞서, 제1 반력 회전 툴에 의해 피접합부의 타방측 면을 임시 접합할 수 있다. 이로 인해, 피접합부가 개선부일 경우에는, 개선부가 개방되어 버리는 것을 임시 접합에 의해 억제할 수 있으므로, 제2 회전 툴에 의해 피접합부를 적합하게 마찰 교반할 수 있다.

[0030] 또한, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후, 상기 금속재의 위치를 유지한 상태에서, 상기 제2 마찰 교반 접합 공정을 실행하는 것이 바람직하다.

[0031] 이 구성에 의하면, 금속재의 위치를 반전시키지 않고, 금속재의 위치를 유지할 수 있다. 이로 인해, 금속재의 반전 작업을 행하지 않고, 제1 마찰 교반 접합 공정 및 제2 마찰 교반 접합 공정을 실행할 수 있다.

[0032] 또한, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후에, 상기 제2 마찰 교반 접합 공정의 실행 전에, 상기 제1 회전 툴과 상기 제1 반력 회전 툴의 위치를 서로 교체하여, 상기 제1 회전 툴을 상기 제2 회전 툴로 하고, 상기 제1 반력 회전 툴을 상기 제2 반력 회전 툴로 하는 툴 반전 공정을, 더 구비하는 것이 바람직하다.

[0033] 이 구성에 의하면, 툴 반전 공정을 행함으로써, 제1 회전 툴을 제2 회전 툴로서 사용할 수 있고, 또한 제1 반력 회전 툴을 제2 반력 회전 툴로서 사용할 수 있다. 이로 인해, 금속재의 위치를 반전시키지 않고, 제1 회전 툴 및 제1 반력 회전 툴의 위치를 반전시킴으로써, 제1 마찰 교반 접합 공정 및 제2 마찰 교반 접합 공정을 실행할 수 있다.

[0034] 또한, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후에, 상기 제2 마찰 교반 접합 공정의 실행 전에, 상기 금속재의 위치를 상기 두께 방향에 있어서 반전시킴으로써, 상기 제1 회전 툴을 상기 제2 회전 툴로 하고, 상기 제1 반력 회전 툴을 상기 제2 반력 회전 툴로 하는 재료 반전 공정을, 더 구비하는 것이 바람직하다.

[0035] 이 구성에 의하면, 재료 반전 공정을 행함으로써, 제1 회전 툴을 제2 회전 툴로서 사용할 수 있고, 또한 제1 반력 회전 툴을 제2 반력 회전 툴로서 사용할 수 있다. 이로 인해, 제1 회전 툴 및 제1 반력 회전 툴의 위치를 반전시키지 않고, 금속재의 위치를 반전시킴으로써, 제1 마찰 교반 접합 공정 및 제2 마찰 교반 접합 공정을 실행할 수 있다.

[0036] 또한, 상기 피접합부의 상기 두께 방향이 연직 방향일 경우, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정에서는, 상기 제1 회전 툴이 상기 피접합부의 상방측이 되도록 배치되는 것이 바람직하다.

[0037] 이 구성에 의하면, 피접합부의 상방측에 제1 교반 영역을 형성한 후, 피접합부의 하방측에 제2 교반 영역을 형성할 수 있다. 이로 인해, 제1 마찰 교반 접합 공정에 있어서, 피접합부의 상방측 영역은 제1 교반 영역이 되고, 피접합부의 하방측 영역은, 마찰 교반 접합되지 않는 미접합의 영역이 되므로, 상방측으로부터 하방측을 향

해, 미접합 영역으로 진입하는 이물을, 제1 교반 영역에 의해 억제할 수 있다.

[0038] 또한, 상기 제1 진행 방향과 상기 제2 진행 방향은, 역방향으로 되어 있는 것이 바람직하다.

[0039] 이 구성에 의하면, 제1 회전 툴 및 제1 반력 회전 툴의 접합 종료점을, 제2 회전 툴 및 제2 반력 회전 툴의 접합 개시점으로 할 수 있다. 이로 인해, 각종 회전 툴의 이동을 적은 것으로 할 수 있다.

[0040] 또한, 상기 제1 진행 방향과 상기 제2 진행 방향은, 동일한 방향으로 되어 있는 것이 바람직하다.

[0041] 이 구성에 의하면, 제1 마찰 교반 접합 공정에서의 피접합부로의 입열과, 제2 마찰 교반 접합 공정에서의 피접합부로의 입열을 같은 진행 방향으로 할 수 있다. 이로 인해, 제1 마찰 교반 접합 공정과 제2 마찰 교반 접합 공정의 피접합부에 있어서의 입열 조건을, 동일 조건으로 할 수 있으므로, 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후, 제2 마찰 교반 접합 공정을 빠르게 실행할 수 있게 된다.

[0042] 또한, 상기 제1 회전 툴은, 상기 피접합부의 일방측 면과 접하는 제1 솔더부를 갖는 제1 툴 본체와, 상기 제1 회전 툴의 제1 회전축을 따라, 상기 제1 툴 본체에 관통 형성되는 제1 삽입 관통 구멍과, 상기 제1 삽입 관통 구멍에 삽입 관통되어, 상기 제1 회전축의 축 방향으로 이동 가능하게 구성됨과 함께, 상기 제1 툴 본체로부터 상기 제1 반력 회전 툴을 향해 돌출된 제1 프로브 핀을 갖고, 상기 제1 반력 회전 툴은, 상기 피접합부의 타방측 면과 접하는 제2 솔더부를 갖는 제2 툴 본체와, 상기 제1 반력 회전 툴의 제2 회전축을 따라, 상기 제2 툴 본체에 관통 형성되는 제2 삽입 관통 구멍과, 상기 제2 삽입 관통 구멍에 삽입 관통되어, 상기 제2 회전축의 축 방향으로 이동 가능하게 구성됨과 함께, 상기 제2 툴 본체로부터 상기 제1 회전 툴을 향해 돌출된 제2 프로브 핀을 갖고, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정에서는, 상기 제1 회전 툴 및 상기 제1 반력 회전 툴을, 상기 제1 회전축과 상기 제2 회전축이 동일축 상이 되도록 배치하고, 상기 제1 프로브 핀과 상기 제2 프로브 핀을 소정의 간극을 두고 대향시켜, 상기 제1 프로브 핀의 돌출 길이를, 상기 제2 프로브 핀보다도 길게 하고 있으며, 상기 제1 마찰 교반 접합 공정의 실행 후, 상기 제1 회전 툴의 상기 제1 프로브 핀의 돌출 길이와, 상기 제1 반력 회전 툴의 상기 제2 프로브 핀의 돌출 길이를 면위시켜, 상기 제2 프로브 핀의 돌출 길이를, 상기 제1 프로브 핀보다도 길게 함으로써, 상기 제1 회전 툴을 상기 제2 반력 회전 툴로 하고, 상기 제1 반력 회전 툴을 상기 제2 회전 툴로 하는 교체 공정을, 더 구비하는 것이 바람직하다.

[0043] 이 구성에 의하면, 교체 공정에 있어서, 제1 프로브 핀의 돌출 길이와, 제2 프로브 핀의 돌출 길이를 각각 면위시킴으로써, 제1 회전 툴을 제2 반력 회전 툴로 할 수 있고, 제1 반력 회전 툴을 제2 회전 툴로 할 수 있다.

[0044] 또한, 상기 피접합부가 마찰 교반 접합됨으로써 형성된 상기 금속재의 접합부에 발생하는 접합 결함부를 보수할 경우, 상기 접합부를 사이에 두고, 상기 접합부의 두께 방향의 일방측에 배치되는 보수용 회전 툴과, 상기 접합부를 사이에 두고, 상기 두께 방향의 타방측에 배치되어, 상기 보수용 회전 툴에 반력을 부여하는 반력 회전 툴을 회전시키면서, 소정의 진행 방향으로 이동시킴으로써, 상기 접합부의 보수를 행하고 있고, 상기 보수용 회전 툴은 상기 두께 방향에 있어서의 길이가, 상기 접합부의 일방측으로부터 상기 접합부의 내부에 달함과 함께, 상기 접합 결함부를 덮는 길이로 되어 있는 것이 바람직하다.

[0045] 이 구성에 의하면, 접합부에 발생하는 접합 결함부를, 보수용 회전 툴과, 반력 회전 툴을 사용함으로써 보수할 수 있다. 이때, 반력 회전 툴은 보수용 회전 툴에 반력을 부여함으로써, 접합부의 두께 방향에 있어서의 위치변동을 억제할 수 있고, 또한 접합부에 대하여 회전에 의한 입열을 부여할 수 있다.

[0046] 본 발명의 마찰 교반 접합 장치는, 금속재의 피접합부를 사이에 두고, 상기 피접합부의 두께 방향의 일방측에 배치되어, 상기 피접합부의 일방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 길이가 되는 제1 회전 툴과, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 두께 방향의 타방측에 배치되어, 상기 피접합부의 타방측으로부터 상기 피접합부의 내부에 달하는 길이가 되는 제2 회전 툴을 구비하고, 상기 제1 회전 툴은, 회전하면서 제1 진행 방향으로 이동함으로써, 상기 피접합부에 제1 교반 영역을 형성하고, 상기 제2 회전 툴은, 회전하면서 제2 진행 방향으로 이동함으로써, 상기 피접합부에 제2 교반 영역을 형성하고, 상기 제1 교반 영역과 상기 제2 교반 영역은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복되는 것을 특징으로 한다.

[0047] 이 구성에 의하면, 제1 회전 툴에 의해 피접합부에 제1 교반 영역을 형성하고, 제2 회전 툴에 의해 피접합부에 제2 교반 영역을 형성할 수 있다. 그리고 형성된 제1 교반 영역과 제2 교반 영역은, 피접합부의 두께 방향으로 중복되므로, 두께 방향의 전역에 걸쳐 마찰 교반을 행할 수 있다. 이로 인해, 제1 회전 툴과 제2 회전 툴 사이에 소정의 간극이 형성되는 일이 없으므로, 접합 결함부의 발생을 억제할 수 있다. 또한, 금속재의 피접합부의 두께가 변화되어도, 제1 교반 영역과 제2 교반 영역이 중복되는 중복 영역을 두께 방향으로 변화시키면 되므로, 제1 회전 툴 및 제2 회전 툴의 길이를 바꿀 필요가 없으므로, 회전 툴에 대한 부하의 증대를 억제할 수 있다.

이상으로부터, 금속재의 피접합부에 있어서의 두께가 변화되어도 회전 틀에 가해지는 부하를 억제하면서, 접합 결합부의 발생을 억제하여, 피접합부의 마찰 교반 접합을 적합하게 행할 수 있다.

[0048] 또한, 상기 제1 진행 방향과 상기 제2 진행 방향은, 동일한 진행 방향으로 되어 있고, 상기 제1 회전 틀 및 상기 제2 회전 틀은, 상기 피접합부의 상기 두께 방향에 있어서의 양측을 사이에 두고 회전하면서, 상기 진행 방향으로 이동해서 마찰 교반 접합을 행하고 있고, 상기 제1 회전 틀과 상기 제2 회전 틀은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복됨과 함께, 적어도 상기 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치되는 것이 바람직하다.

[0049] 이 구성에 의하면, 제1 회전 틀 및 제2 회전 틀을, 피접합부의 양측으로부터 사이에 두고 회전시킴으로써, 제1 교반 영역 및 제2 교반 영역을 두께 방향으로 중복시켜서, 거의 동시에 형성할 수 있다. 이때, 제1 회전 틀과 제2 회전 틀을 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치함으로써, 제1 회전 틀과 제2 회전 틀의 물리적인 간섭을 억제할 수 있다.

[0050] 또한, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 제1 회전 틀의 반대측에 설치되어, 상기 제1 회전 틀에 반력을 부여하는 제1 반력 회전 틀과, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 제2 회전 틀의 반대측에 설치되어, 상기 제2 회전 틀에 반력을 부여하는 제2 반력 회전 틀을 더 구비하고, 상기 제1 회전 틀 및 상기 제1 반력 회전 틀은, 상기 피접합부의 상기 두께 방향에 있어서의 양측을 사이에 두고 회전하면서, 소정의 진행 방향으로 이동해서 제1 마찰 교반 접합을 실행하고, 상기 제1 마찰 교반 접합의 실행 후, 상기 제2 회전 틀 및 상기 제2 반력 회전 틀은, 상기 피접합부의 상기 두께 방향에 있어서의 양측을 사이에 두고 회전하면서, 소정의 진행 방향으로 이동해서 제2 마찰 교반 접합을 실행하는 것이 바람직하다.

[0051] 이 구성에 의하면, 제1 마찰 교반 접합에 있어서, 제1 회전 틀 및 제1 반력 회전 틀을, 피접합부의 양측으로부터 사이에 두고 회전시킴으로써, 제1 교반 영역을 형성할 수 있다. 이때, 제1 반력 회전 틀은, 제1 회전 틀에 반력을 부여함으로써, 피접합부의 두께 방향에 있어서의 위치 변동을 억제할 수 있고, 또한 피접합부에 대하여 회전에 의한 입열을 부여할 수 있다. 또한, 제2 마찰 교반 접합에 있어서, 제2 회전 틀 및 제2 반력 회전 틀을, 피접합부의 양측으로부터 사이에 두고 회전시킴으로써, 제2 교반 영역을 형성할 수 있다. 이때, 제1 마찰 교반 접합과 마찬가지로, 제2 반력 회전 틀은, 제2 회전 틀에 반력을 부여함으로써, 피접합부의 두께 방향에 있어서의 위치 변동을 억제할 수 있고, 또한 피접합부에 대하여 회전에 의한 입열을 부여할 수 있다.

[0052] 또한, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 제1 회전 틀의 반대측에 설치되어, 상기 제1 회전 틀에 반력을 부여하는 제1 반력 회전 틀과, 상기 피접합부를 사이에 두고, 상기 제2 회전 틀의 반대측에 설치되어, 상기 제2 회전 틀에 반력을 부여하는 제2 반력 회전 틀과, 상기 제1 회전 틀과 상기 제1 반력 회전 틀의 위치를 반전시켜서, 상기 제1 회전 틀을 상기 제2 회전 틀로 하고, 상기 제1 반력 회전 틀을 상기 제2 반력 회전 틀로 서 기능시키는 반전 기구를 구비하고, 반전 전의 상기 제1 회전 틀과 반전 후의 상기 제2 회전 틀은, 상기 두께 방향에 있어서, 상기 피접합부의 내부에서 서로 중복되는 배치로 되어 있고, 반전 전의 상기 제1 회전 틀 및 상기 제1 반력 회전 틀은, 상기 피접합부의 상기 두께 방향에 있어서의 양측을 사이에 두고 회전하면서, 소정의 진행 방향으로 이동해서 제1 마찰 교반 접합을 실행하고, 상기 제1 마찰 교반 접합의 실행 후, 상기 반전 기구는, 상기 제1 회전 틀과 상기 제1 반력 회전 틀의 위치를 반전시키고, 반전 후의 상기 제2 회전 틀 및 상기 제2 반력 회전 틀은, 상기 피접합부의 상기 두께 방향에 있어서의 양측을 사이에 두고 회전하면서, 소정의 진행 방향으로 이동해서 제2 마찰 교반 접합을 실행하는 것이 바람직하다.

[0053] 이 구성에 의하면, 반전 기구에 의해, 제1 회전 틀 및 제1 반력 회전 틀의 위치를 반전시킴으로써, 제1 회전 틀을 제2 회전 틀로서 사용할 수 있고, 또한 제1 반력 회전 틀을 제2 반력 회전 틀로서 사용할 수 있다. 이로 인해, 금속재의 위치를 반전시키지 않고, 제1 회전 틀 및 제1 반력 회전 틀의 위치를 반전시킴으로써, 제1 마찰 교반 접합 및 제2 마찰 교반 접합을 실행할 수 있다.

[0054] 또한, 상기 피접합부가 마찰 교반 접합됨으로써 형성된 상기 금속재의 접합부에 발생하는 접합 결합부를 보수할 경우, 상기 접합부를 사이에 두고, 상기 접합부의 두께 방향의 일방측에 배치되어, 상기 접합부의 일방측으로부터 상기 접합부의 내부에 달함과 함께, 상기 접합 결합부를 덮는 길이가 되는 보수용 회전 틀과, 상기 접합부를 사이에 두고, 상기 두께 방향의 타방측에 배치되어, 상기 보수용 회전 틀에 반력을 부여하는 반력 회전 틀을 구비하고, 상기 보수용 회전 틀 및 상기 반력 회전 틀은, 상기 접합부의 상기 두께 방향에 있어서의 양측을 사이에 두고 회전하면서, 소정의 진행 방향으로 이동함으로써, 상기 접합부의 보수를 실행하는 것이 바람직하다.

[0055] 이 구성에 의하면, 접합부에 발생하는 접합 결합부를, 보수용 회전 틀과 반력 회전 틀을 사용해서 보수할 수 있

다. 이때, 반력 회전 틀은 보수용 회전 틀에 반력을 부여함으로써, 접합부의 두께 방향에 있어서의 위치 변동을 억제할 수 있고, 또한 접합부에 대하여 회전에 의한 입열을 부여할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0056]

도 1은, 실시예 1에 관한 마찰 교반 접합 장치를 모식적으로 나타낸 개략 구성도이다.

도 2는, 제1 교반 영역 및 제2 교반 영역에 관한 설명도이다.

도 3은, 제1 솔더면 및 제2 솔더면을 도시하는 평면도이다.

도 4는, 제1 솔더부 및 제2 솔더부의 형상을 도시하는 측면도이다.

도 5는, 제1 솔더부의 형상의 일례를 도시하는 평면도이다.

도 6은, 제1 솔더부의 형상의 일례를 도시하는 평면도이다.

도 7은, 제1 솔더부의 형상의 일례를 도시하는 평면도이다.

도 8은, 마찰 교반 접합 전의 금속판의 일례를 나타내는 설명도이다.

도 9는, 실시예 1에 관한 마찰 교반 접합 방법의 흐름도이다.

도 10은, 실시예 1의 변형예 1에 관한 마찰 교반 접합 장치의 일부를 모식적으로 나타낸 개략 구성도이다.

도 11은, 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 장치를 모식적으로 나타낸 개략 구성도이다.

도 12는, 마찰 교반 접합 시에 있어서의 진행 방향을 도시하는 평면도이다.

도 13은, 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 장치에 의한 마찰 교반 접합 동작을 도시하는 설명도이다.

도 14는, 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 방법의 흐름도이다.

도 15는, 실시예 2의 변형예 2에 관한 마찰 교반 접합 시의 진행 방향을 도시하는 평면도이다.

도 16은, 실시예 2의 변형예 3에 관한 마찰 교반 접합 장치의 일부를 모식적으로 나타낸 개략 구성도이다.

도 17은, 실시예 2의 변형예 4에 관한 마찰 교반 접합 장치에 의한 마찰 교반 접합 동작을 도시하는 설명도이다.

도 18은, 실시예 3에 관한 마찰 교반 접합 장치에 의해 보수되는 접합부의 설명도이다.

도 19는, 실시예 3에 관한 마찰 교반 접합 장치에 의한 보수 동작을 도시하는 설명도이다.

도 20은, 실시예 4에 관한 마찰 교반 접합 장치의 일부를 모식적으로 나타낸 개략 구성도이다.

도 21은, 실시예 4에 관한 마찰 교반 접합 장치에 의한 마찰 교반 접합 동작을 도시하는 설명도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0057]

이하에, 본 발명에 관한 실시예를 도면에 기초하여 상세하게 설명한다. 또한, 이 실시예에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니다. 또한, 하기 실시예에 있어서의 구성 요소에는, 당업자가 치환 가능하면서 또한 용이한 것, 또는 실질적으로 동일한 것이 포함된다. 또한, 이하에 기재한 구성 요소는 적절히 조합하는 것이 가능하고, 또한 실시예가 복수일 경우에는, 각 실시예를 조합하는 것도 가능하다.

[0058]

<실시예 1>

[0059]

도 1은, 실시예 1에 관한 마찰 교반 접합 장치를 모식적으로 나타낸 개략 구성도이다. 도 2는, 제1 교반 영역 및 제2 교반 영역에 관한 설명도이다. 도 3은, 제1 솔더면 및 제2 솔더면을 도시하는 평면도이다. 도 4는, 제1 솔더부 및 제2 솔더부의 형상을 도시하는 측면도이다. 도 5 내지 도 7은, 제1 솔더부의 형상의 일례를 도시하는 평면도이다. 도 8은, 마찰 교반 접합 전의 금속판의 일례를 나타내는 설명도이다. 도 9는, 실시예 1에 관한 마찰 교반 접합 방법의 흐름도이다.

[0060]

실시예 1의 마찰 교반 접합 장치(1)는, 한 쌍의 금속판(5)을 맞댐으로써 형성되는 개선부(괴접합부)(6)를, 개선부(6)의 표리에 배치되는 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)을 사용해서 마찰 교반함으로써, 한 쌍의 금속판(5)을 접합하는, 소위 마찰 교반 접합(FSW : Friction Stir Welding)을 행하는 장치이다. 우선, 도 8을 참조

하여, 접합 대상이 되는 한 쌍의 금속판(5)에 대해서 설명한다.

[0061] 금속판(5)은, 예를 들어 알루미늄 합금을 사용해서 구성되어 있고, 1변이 2m 이상이 되는 대형 직사각 형상의 판재로 되어 있다. 또한, 금속판(5)은 그 두께가 15mm 이상으로 되어 있다. 도 8에 도시한 바와 같이, 한 쌍의 금속판(5)은 단부면을 맞댐으로써, I형의 개선부(6)가 형성된다. 이 개선부(6)는 소정 방향으로 직선 형상으로 연장되는 용접선(9)으로서 형성된다. 또한, 이 한 쌍의 금속판(5)에는, 용접선(9)이 연장되는 방향의 양측에, 텁판(7)이 각각 설치되어 있다. 용접선(9)의 양측 한 쌍의 텁판(7)은, 한 쌍의 금속판(5)에 임시 용접 등에 의해 설치되는 것으로, 한 쌍의 금속판(5)의 상호 위치를 고정한다. 이때, 마찰 교반 접합에 있어서의 접합 개시점은, 한쪽 텁판(7) 위로 되어 있고, 접합 종료점은 다른 쪽의 텁판(7) 위로 되어 있다. 이로 인해, 마찰 교반 접합은 한쪽 텁판(7)으로부터 용접선(9)[개선부(6)] 위를 통해 다른 쪽의 텁판(7)을 향해 행하여진다. 또한, 상세한 것은 후술하지만, 한쪽 텁판(7) 위의 접합 개시점에는, 미리 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)이 각각 삽입되는 2개의 바닥이 있는 구멍(8a, 8b)이 형성되어 있다.

[0062] 또한, 실시예 1의 마찰 교반 접합 장치(1)는 한 쌍의 금속판(5)을 맞댄 개선부(6)를 마찰 교반 접합의 대상이 되는 괴접합부로 했지만, 괴접합부는 개선부(6)에 특별히 한정되지 않고, 예를 들어 중첩한 복수의 금속판(5)에 대하여, 마찰 교반 접합을 행해도 된다.

[0063] 여기서, 마찰 교반 접합에 의해 접합된 한 쌍의 금속판(5)은 대형 금속판으로서 취급되고, 후속 공정에 있어서, 소성 가공이 행하여진다. 이때, 마찰 교반 접합에 의해 개선부(6)가 접합됨으로써 형성되는 용접부에, 접합되어 있지 않은 개선 나머지 또는 교반이 불충분해서 발생하는 교반 불량 영역(키싱 본드) 등의 접합 결함부가 형성되면, 접합 결함부를 기인으로 하는 균열, 깨짐 등의 파손이 발생할 가능성이 있다. 이로 인해, 실시예 1의 마찰 교반 접합 장치(1)에서는, 특히 용접부의 표면 및 중앙 내부에서의 접합 결함부의 형성을 억제하기 위해, 하기하는 구성으로 되어 있다.

[0064] 도 1을 참조하여, 마찰 교반 접합 장치(1)에 대해서 설명한다. 도 1에 도시하는 마찰 교반 접합 장치(1)는 개선부(6)의 두께 방향의 양측으로부터 마찰 교반 접합을 행하고 있다. 이때, 개선부(6)의 두께 방향은, 연직 방향으로 되어 있다. 마찰 교반 접합 장치(1)는 마찰 교반 공구(10)와, 제1 가압 회전 기구(11)와, 제2 가압 회전 기구(12)와, 제1 이동 기구(13)와, 제2 이동 기구(14)와, 공구 부하 검출기(16)와, 제어부(20)를 구비하고 있다. 이 마찰 교반 접합 장치(1)는 한 쌍의 금속판(5)의 위치를 고정한 상태에서, 마찰 교반 공구(10)를 용접선(9) 위를 따라, 소정의 진행 방향으로 이동시키면서, 개선부(6)에 대하여 마찰 교반 접합을 행하고 있다.

[0065] 마찰 교반 공구(10)는 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)을 갖고 있다. 제1 회전 틀(21)은 개선부(6)를 사이에 두고, 개선부(6)의 두께 방향의 상방측(일방측)에 배치되어 있다. 제1 회전 틀(21)은 제1 회전축 I1을 중심으로 회전함과 함께, 개선부(6)의 상면에 가압된다. 제2 회전 틀(22)은 개선부(6)를 사이에 두고, 개선부(6)의 두께 방향의 하방측(타방측)에 배치되어 있다. 제2 회전 틀(22)은 제2 회전축 I2를 중심으로 회전함과 함께, 개선부(6)의 하면에 가압된다. 이때, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)은 동일한 형상으로 형성되고, 제1 회전축 I1과 제2 회전축 I2은, 연직 방향을 따라서 평행하게 설치되어 있다. 이로 인해, 제1 회전축 I1은 개선부(6)의 상면에 직교하고 있으며, 제2 회전축 I2도 개선부(6)의 하면에 직교하고 있다. 이하, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)에 대해서 설명한다.

[0066] 제1 회전 틀(21)은 제1 틀 본체(31)와, 제1 프로브(32)를 갖고 있다. 제1 틀 본체(31)는 원기둥 형상으로 형성되고, 제2 회전 틀(22)이 되는 선단측에, 제1 솔더부(35)가 형성되어 있다. 제1 솔더부(35)는 그 외주면이 소정의 직경이 되는 원주면으로 되어 있다. 또한, 제1 솔더부(35)는 그 선단측의 면이 개선부(6)의 상면과 접하는 원형의 제1 솔더면(35a)으로 되어 있다. 제1 회전 틀(21)은, 제1 솔더부(35)의 제1 솔더면(35a)을 개선부(6)의 상면에 접촉시킨 상태에서 회전함으로써, 개선부(6)에 대하여 마찰에 의한 열을 부여하고, 열을 부여함으로써 연화한 개선부(6)의 금속을 교반한다.

[0067] 여기서, 제1 솔더부(35)는 도 5 내지 도 7에 나타내는 형상으로 되어 있고, 실시예 1에서는, 어느 쪽의 형상이라도 된다. 제1 솔더면(35a)에는, 흄 형상의 오목부(36)가 형성됨으로써, 제1 솔더면(35a)은 요철면이 된다. 이 오목부(36)는 제1 솔더부(35)와 금속판(5)을 문지르는 것으로 연화된 금속이, 제1 솔더부(35)의 중심축을 향하는 형상으로 되어 있다.

[0068] 구체적으로, 도 5에 도시하는 오목부(36)는 1개로 구성되어 있고, 1개의 오목부(36)는 제1 솔더면(35a)에 있어서, 외측으로부터 내측을 향하는 와권상(스크롤 형상)으로 배치되어 있다. 도 6에 나타내는 오목부(36)는 2개로 구성되어 있고, 2개의 오목부(36)는 제1 솔더면(35a)에 있어서, 180° 위상이 다른 위치에 설치되고, 외측으

로부터 내측을 향하는 와くん으로 배치되어 있다. 도 7에 나타내는 오목부(36)는 복수개로 구성되어 있고, 복수개의 오목부(36)는 제1 솔더면(35a)의 둘레 방향으로 소정의 간격을 두고 설치됨과 함께, 외측으로부터 내측을 향해 직선 형상으로 배치되어 있다.

[0069] 다시, 도 1을 참조하여, 제1 프로브(32)에 대해서 설명한다. 제1 프로브(32)는 제1 툴 본체(31)의 제1 솔더면(35a)으로부터 선단측으로 돌출되어 설치되어 있다. 이 제1 프로브(32)는 개선부(6)의 상면으로부터, 연화된 개선부(6)의 내부로 가라앉는 배치가 된다. 여기서, 개선부(6)의 두께 방향의 중앙을 지나는 라인을 라인 C로 한다. 제1 프로브(32)는 개선부(6)의 두께 방향에 있어서의 길이가, 개선부(6)의 두께 절반보다도 길어지도록 형성되어 있다. 즉, 제1 프로브(32)는 개선부(6)의 상면측으로부터 라인 C를 초과하는 길이로 되어 있다. 제1 프로브(32)는 제1 툴 본체(31)와 일체가 되어서 회전하도록, 제1 툴 본체(31)에 고정되어 있다.

[0070] 이 제1 프로브(32)는 후단부측의 직경이 굽고, 또한 선단측을 향함에 따라서 직경이 가늘어지는 테이퍼 형상으로 형성되어 있다. 제1 프로브(32)는 그 선단측의 면이, 원형의 제1 선단면(32a)으로 되어 있다. 또한, 제1 프로브(32)의 외주면에는, 연화된 개선부(6)의 금속을 교반하기 위한 홈이 형성되어 있다.

[0071] 제2 회전 툴(22)은 제2 툴 본체(41)와, 제2 프로브(42)를 갖고 있다. 제2 툴 본체(41)는, 제1 툴 본체(31)와 마찬가지로, 원기둥 형상으로 형성되고, 제1 회전 툴(21)측이 되는 선단측에, 제2 솔더부(45)가 형성되어 있다. 제2 솔더부(45)는 그 외주면이, 소정의 직경이 되는 원주면으로 되어 있다. 또한, 제2 솔더부(45)는 그 선단측의 면이, 개선부(6)의 하면과 접하는 원형의 제2 솔더면(45a)으로 되어 있다. 제2 회전 툴(22)은 제2 솔더부(45)의 제2 솔더면(45a)을 개선부(6)의 하면에 접촉시킨 상태에서 회전함으로써, 개선부(6)에 대하여 마찰에 의한 열을 부여하고, 열을 부여함으로써 연화한 개선부(6)의 금속을 교반한다.

[0072] 여기서, 제2 솔더부(45)는 제1 솔더부(35)와 마찬가지인 오목부(36)가 마련되어 있다. 또한, 오목부(36)에 대해서는, 제1 솔더부(35)와 마찬가지이기 때문에, 설명을 생략한다.

[0073] 제2 프로브(42)는 제2 툴 본체(41)의 제2 솔더면(45a)으로부터 선단측으로 돌출되어서 설치되어 있다. 이 제2 프로브(42)는 제1 프로브(32)와 마찬가지로, 개선부(6)의 하면으로부터, 연화된 개선부(6)의 내부에 가라앉는 배치가 된다. 제2 프로브(42)는 개선부(6)의 두께 방향에 있어서의 길이가, 개선부(6)의 두께 절반보다도 길어지도록 형성되어 있다. 즉, 제2 프로브(42)는 개선부(6)의 하면측으로부터 라인 C를 초과하는 길이로 되어 있다. 제2 프로브(42)는 제2 툴 본체(41)와 일체가 되어서 회전하도록, 제2 툴 본체(41)에 고정되어 있다.

[0074] 이 제2 프로브(42)는 후단부측의 직경이 굽고, 또한 선단측을 향함에 따라서 직경이 가늘어지는 테이퍼 형상으로 형성되어 있다. 제2 프로브(42)는 그 선단측의 면이, 원형의 제2 선단면(42a)으로 되어 있다. 또한, 제2 프로브(42)의 외주면에는, 연화된 개선부(6)의 금속을 교반하기 위한 홈이 형성되어 있다.

[0075] 여기서, 제1 프로브(32)의 길이는, 개선부(6)의 두께 절반보다도 길고, 또한 제2 프로브(42)의 길이는 개선부(6)의 두께 절반보다도 길다. 이로 인해, 제1 프로브(32)와 제2 프로브(42)를 개선부(6)를 사이에 두고 대향하도록 배치하면, 바꾸어 말하면, 제1 회전 툴(21)과 제2 회전 툴(22)을 제1 회전축 11과 제2 회전축 12가 동일축 상이 되도록 배치하면, 제1 프로브(32)와 제2 프로브(42)가 물리적으로 간섭해 버린다. 이로 인해, 제1 회전 툴(21)과 제2 회전 툴(22)은, 용접선(9) 위에 있어서, 물리적으로 간섭하지 않도록 위치 어긋나게 해서 배치된다.

[0076] 구체적으로, 제1 회전 툴(21)과 제2 회전 툴(22)은, 도 1에 도시한 바와 같이, 개선부(6)의 두께 방향에 있어서, 개선부(6)의 내부에 있어서 서로 중복됨과 함께, 도 3에 도시한 바와 같이, 용접선(9) 위의 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치된다. 이때, 제1 회전 툴(21)은 진행 방향의 전방측에 배치되고, 제2 회전 툴(22)은 진행 방향의 후방측에 배치된다. 이로 인해, 제1 회전 툴(21)[의 제1 프로브(32)]과 제2 회전 툴(22)[의 제2 프로브(42)]은, 개선부(6)의 두께 방향에 있어서, 개선부(6)의 내부에서 서로 중복해서 배치된다. 또한, 도 3에 도시한 바와 같이, 위치 어긋나게 해서 배치되는 제1 회전 툴(21)과 제2 회전 툴(22)은, 제1 프로브(32)의 제1 선단면(32a)이 용접선(9)과 교차되고, 또한 제2 프로브(42)의 제2 선단면(42a)이 용접선(9)과 교차되는 배치로 되어 있다. 또한, 제1 회전 툴(21)과 제2 회전 툴(22)의 보다 상세한 배치에 대해서는 후술한다.

[0077] 제1 회전 툴(21)과 제2 회전 툴(22)은, 그 회전 방향이, 서로 역방향으로 되어 있다. 여기서, 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)이 개선부(6)에 부여하는 하중 방향은, 진행 방향의 전방측이, 진행 방향의 후방측에 비해서 커지고 있다. 이로 인해, 제1 회전 툴(21)의 진행 방향의 전방측에 있어서의 회전 방향이 개선부(6)에 부여하는 하중 방향이 되고, 마찬가지로, 제2 회전 툴(22)의 진행 방향의 전방측에 있어서의 회전 방향이 개선부(6)에

부여하는 하중 방향이 된다. 구체적으로, 제1 회전 틀(21)의 하중 방향은, 한쪽(도 3의 상측)의 금속판(5)으로부터 다른 쪽(도 3의 하측)의 금속판(5)을 향하는 방향으로 되어 있고, 제2 회전 틀(22)의 하중 방향은, 다른 쪽(도 3의 하측)의 금속판(5)으로부터 다른 쪽(도 3의 상측)의 금속판(5)을 향하는 방향으로 되어 있다. 따라서, 제1 회전 틀(21)의 하중 방향과 제2 회전 틀(22)의 하중 방향은, 역방향으로 되어 있다.

[0078] 또한, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)의 회전 방향이 서로 역방향이 될 경우, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22) 사이에 있어서의 회전에 의한 금속재의 흐름 방향(회전의 접선 방향)은 동일한 방향이 된다. 이로 인해, 제1 회전 틀(21)의 주위를 유동하는 마찰 교반된 개선부(6)의 금속과, 제2 회전 틀(22)의 주위를 유동하는 마찰 교반된 개선부(6)의 금속은, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22) 사이에 있어서 동일한 방향으로 흐른다.

[0079] 또한, 실시예 1에서는, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)의 회전 방향이, 서로 역방향이 되도록 했지만, 이 구성에 한정되지 않는다. 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)은 마찰 교반 접합에 적합하면, 동일한 회전 방향이어도 된다.

[0080] 이어서, 도 2를 참조하여, 제1 회전 틀(21)에 의해 개선부(6)에 형성되는 제1 교반 영역 E1과, 제2 회전 틀(22)에 의해 개선부(6)에 형성되는 제2 교반 영역 E2에 대해서 설명한다. 제1 교반 영역 E1은, 개선부(6)의 상방 측에 형성되는 영역이며, 제1 회전 틀(21)의 제1 프로브(32)에 의해 형성되는 영역으로 되어 있다. 이로 인해, 제1 교반 영역 E1은, 두께 방향에 있어서, 개선부(6)의 상면으로부터 개선부(6)의 내부에 달하는 영역으로 되어 있고, 개선부(6)의 상면에서 라인 C를 넘어 형성되는 영역이 된다. 제2 교반 영역 E2는, 개선부(6)의 하방 측에 형성되는 영역이며, 제2 회전 틀(22)의 제2 프로브(42)에 의해 형성되는 영역으로 되어 있다. 이로 인해, 제2 교반 영역 E2는, 두께 방향에 있어서, 개선부(6)의 하면으로부터 개선부(6)의 내부에 달하는 영역으로 되어 있고, 개선부(6)의 하면으로부터 라인 C를 넘어 형성되는 영역이 된다. 그리고 제1 교반 영역 E1과 제2 교반 영역 E2는, 두께 방향에 있어서, 서로 중복되는 영역으로 되어 있다. 구체적으로, 제1 교반 영역 E1의 하방 측 영역과, 제2 교반 영역 E2의 상방 측 영역이, 서로 중복되는 중복 영역 E3으로 되어 있다. 이로 인해, 제1 교반 영역 E1 및 제2 교반 영역 E2는, 개선부(6)의 두께 방향의 전역에 걸쳐 형성된다.

[0081] 이어서, 도 4를 참조하여, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)의 상세한 배치에 대하여 설명한다. 상기한 바와 같이, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)은, 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치되어 있다. 이때, 제1 회전 틀(21)은 개선부(6)의 상면에 가압되고, 또한 제2 회전 틀(22)은 개선부(6)의 하면에 가압된다. 이로 인해, 개선부(6)는 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)에 의해, 두께 방향의 양측으로부터 가압되므로, 두께 방향의 위치 변동을 억제하기 위해, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)은, 서로 반력을 부여하는 것이 가능한 배치로 할 필요가 있다.

[0082] 이로 인해, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)은 서로 반력을 부여하기 위해, 제1 솔더부(35)와 제2 솔더부(45) 중 적어도 일부가, 두께 방향에 있어서 중복되는 범위에서, 위치 어긋나게 해서 배치되어 있다. 보다 구체적으로는, 도 4에 도시한 바와 같이, 제1 회전축 I1과 제2 회전축 I2 사이의 거리를 L로 하고, 제1 솔더부(35)의 직경을 D1로 하고, 제1 선단면(32a)의 직경을 d1로 하고, 제2 솔더부(45)의 직경을 D2로 하고, 제2 선단면(42a)의 직경을 d2로 하면, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)은 소정의 범위가 되도록, 위치 어긋나게 해서 배치되어 있다.

[0083] 여기서, 제1 회전축 I1과 제2 회전축 I2은 평행하게 되어 있고, 거리 L은, 제1 회전축 I1 및 제2 회전축 I2에 직교하는 방향에 있어서, 제1 회전축 I1 및 제2 회전축 I2를 연결한 길이로 되어 있다. 또한, 직경 D1 및 직경 d1은, 제1 회전축 I1을 중심으로 하는 직경으로 되어 있고, 마찬가지로 직경 D2 및 직경 d2는, 제2 회전축 I2를 중심으로 하는 직경으로 되어 있다.

[0084] 거리 L은,  $(D1/2+d2/2) \leq (D2/2+d1/2)$ 일 경우, 소정의 범위로서,  $(d1/2+d2/2) < L < (D1/2+d2/2)$ 의 범위로 되어 있다. 즉, 제1 솔더부(35)의 반경과 제2 프로브(42)의 제2 선단면(42a)의 반경을 더한 길이가, 제2 솔더부(45)의 반경과 제1 프로브(32)의 제1 선단면(32a)의 반경을 더한 길이 이하의 길이가 될 경우, 거리 L은, 제1 선단면(32a)의 반경과 제2 선단면(42a)의 반경을 더한 길이보다도 길게, 제1 솔더부(35)의 반경과 제2 선단면(42a)의 반경을 더한 길이보다도 짧게 되어 있다.

[0085] 또한, 거리 L은,  $(D1/2+d2/2) \geq (D2/2+d1/2)$ 일 경우, 소정의 범위로서,  $(d1/2+d2/2) < L < (D2/2+d1/2)$ 의 범위로 되어 있다. 즉, 제1 솔더부(35)의 반경과 제2 프로브(42)의 제2 선단면(42a)의 반경을 더한 길이가, 제2 솔더부(45)의 반경과 제1 프로브(32)의 제1 선단면(32a)의 반경을 더한 길이 이상의 길이가 될 경우, 거리 L은 제

1 선단면(32a)의 반경과 제2 선단면(42a)의 반경을 더한 길이보다도 길게, 제2 솔더부(45)의 반경과 제1 프로브(32)의 제1 선단면(32a)의 반경을 더한 길이보다도 짧게 되어 있다.

[0086] 이로 인해, 거리 L은, 제1 회전 툴(21)과 제2 회전 툴(22)의 물리적인 간섭을 억제하면서, 제1 솔더부(35)와 제2 솔더부(45)가 두께 방향에 있어서 중복되는 거리가 된다.

[0087] 다시, 도 1을 참조하여, 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)에 대해서 설명한다. 제1 가압 회전 기구(11)는 제1 회전 툴(21)에 연결되어 있고, 제어부(20)에 의해 제어되고 있다. 제1 가압 회전 기구(11)는, 제1 회전 툴(21)을 개선부(6)의 상면을 향해 이동시킴과 함께, 제1 회전 툴(21)을 회전시킨다. 이로 인해, 제1 가압 회전 기구(11)는 제1 회전 툴(21)의 제1 솔더부(35)의 제1 솔더면(35a)을 개선부(6)의 상면에 가압한 상태에서, 제1 회전 툴(21)을 회전시킨다.

[0088] 제2 가압 회전 기구(12)는 제1 가압 회전 기구(11)와 마찬가지로 구성되어, 제2 회전 툴(22)에 연결되어 있고, 제어부(20)에 의해 제어되고 있다. 제2 가압 회전 기구(12)는 제2 회전 툴(22)을 개선부(6)의 하면을 향해 이동시킴과 함께, 제2 회전 툴(22)을 회전시킨다. 이로 인해, 제2 가압 회전 기구(12)는 제2 회전 툴(22)의 제2 솔더부(45)의 제2 솔더면(45a)을 개선부(6)의 하면에 가압한 상태에서, 제2 회전 툴(22)을 회전시킨다.

[0089] 제1 이동 기구(13)는 제1 회전 툴(21)에 연결되어 있고, 제어부(20)에 의해 제어되고 있다. 제1 이동 기구(13)는, 도시하지 않은 제1 모터를 동력원으로 하여, 제1 회전 툴(21)을 용접선(9) 위를 따라 이동시키고 있다. 또한, 이 제1 모터는, 후술하는 공구 부하 검출기(16)에 접속되어 있다.

[0090] 제2 이동 기구(14)는 제1 이동 기구(13)와 마찬가지로 구성되어, 제2 회전 툴(22)에 연결되어 있고, 제어부(20)에 의해 제어되고 있다. 제2 이동 기구(14)는 도시하지 않은 제2 모터를 동력원으로 하여, 제2 회전 툴(22)을 용접선(9) 위를 따라서 이동시키고 있다. 또한, 이 제2 모터도, 후술하는 공구 부하 검출기(16)에 접속되어 있다.

[0091] 이 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)는 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)을 동기시키면서 이동시키고 있고, 또한 제1 회전 툴(21)이 진행 방향의 전방측이 되고, 제2 회전 툴(22)이 진행 방향의 후방측이 되도록 이동시키고 있다.

[0092] 공구 부하 검출기(16)는 제1 이동 기구(13)의 제1 모터에 가해지는 부하를 검출하는 제1 모터 부하 검출기(51)와, 제2 이동 기구(14)의 제2 모터에 가해지는 부하를 검출하는 제2 모터 부하 검출기(52)를 갖고 있다. 제1 모터 부하 검출기(51)는 제어부(20)에 접속되고, 제어부(20)를 향해, 제1 모터에 가해지는 부하를 출력한다. 제2 모터 부하 검출기(52)는 제어부(20)에 접속되고, 제어부(20)를 향해, 제2 모터에 가해지는 부하를 출력한다.

[0093] 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11), 제2 가압 회전 기구(12), 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)가 접속되고, 각 기구(11, 12, 13, 14)를 각각 제어한다. 또한, 제어부(20)는 제1 모터 부하 검출기(51) 및 제2 모터 부하 검출기(52)가 접속되고, 각 검출기(51, 52)의 검출 결과에 기초하여, 각 기구(11, 12, 13, 14)를 각각 제어한다.

[0094] 구체적으로, 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 제1 회전 툴(21)과 제2 회전 툴(22) 사이에 끼이는 개선부(6)에의 하중이 소정의 하중이 되도록, 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)을 개선부(6)를 향해 이동시킨다. 이때, 제어부(20)는 개선부(6)의 두께 방향의 위치가 유지되도록, 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)의 가압력을 밸런스시킨다. 또한, 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)의 회전 방향이 서로 역방향이 되도록, 또한 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)이 소정의 회전 속도가 되도록, 회전 제어한다.

[0095] 또한, 제어부(20)는 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)을 용접선(9) 위를 따라 소정의 진행 방향으로 이동시킨다. 이때, 제어부(20)는 제1 회전 툴(21)이 진행 방향의 전방측이 되고, 제2 회전 툴(22)이 진행 방향의 후방측이 되도록 이동시킨다.

[0096] 여기서, 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)을 이동시킬 경우, 용접선(9) 위의 진행 방향에 있어서, 제1 회전 툴(21)과 제2 회전 툴(22)이 접촉하는 등하여, 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)에 큰 부하가 가해질 가능성 있다. 이때, 제어부(20)는 제1 모터 부하 검출기(51) 및 제2 모터 부하 검출기(52)의 검출 결과에 기초하여, 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어함으로써, 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)이 비접촉 상태가 되도록, 제1 회전 툴(21) 및 제2 회전 툴(22)의 진행 방향에 있어서의 위치를 조정한다. 구체적으

로, 제1 회전 틀(21)은 제2 회전 틀(22)에 비해서 진행 방향의 전방측에 위치하므로, 제어부(20)는 제2 모터 부하 검출기(52)에 의해 검출된 제2 모터의 부하가 커지고, 제1 모터 부하 검출기(51)에 의해 검출된 제1 모터의 부하가 작아질 경우, 제2 회전 틀(22)이 제1 회전 틀(21)을 진행 방향으로 누르고 있다고 판단한다. 이 경우, 제어부(20)는 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14) 중 적어도 한쪽을 제어하여, 제1 회전 틀(21)의 이동 속도를, 제2 회전 틀(22)의 이동 속도보다도 소정 시간만큼 상대적으로 빠르게 하여, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)을 이격시킨다.

[0097] 이어서, 도 9를 참조하여, 실시예 1의 마찰 교반 접합 장치(1)를 사용한 마찰 교반 접합 방법에 대해서 설명한다. 또한, 마찰 교반 접합되는 한 쌍의 금속판(5)은 미리 도 8에 나타내는 상태로 되어 있다. 즉, 한 쌍의 금속판(5)은 단부면을 맞대서 개선부(6)를 형성한 상태로, 한 쌍의 텨판(7)에 의해 임시 접합(임시 구비) 상태로 되어 있다. 이때, 한쪽의 텨판(7)에는, 2개의 바닥이 있는 구멍(8a, 8b)이 형성되어 있다. 2개의 바닥이 있는 구멍(8a, 8b)은 마찰 교반 접합 장치(1)의 접합 개시점으로 되어 있고, 한쪽의 바닥이 있는 구멍(8a)은 텨판(7)의 상면에 형성되고, 다른 쪽의 바닥이 있는 구멍(8b)은 텨판(7)의 하면에 형성되어 있다. 상방측의 바닥이 있는 구멍(8a)에는, 제1 회전 틀(21)의 제1 프로브(32)가 삽입된다. 이때, 제1 회전 틀(21)에 의해 마찰 교반된 금속재가 부족하지 않도록, 상방측의 바닥이 있는 구멍(8a)의 용적은, 제1 프로브(32)의 체적보다도 작은 용적으로 되어 있다. 또한, 하방측의 바닥이 있는 구멍(8b)에는, 제2 회전 틀(22)의 제2 프로브(42)가 삽입된다. 이때, 제2 회전 틀(22)에 의해 마찰 교반된 금속재가 부족하지 않도록, 하방측의 바닥이 있는 구멍(8a)과 마찬가지로, 하방측의 바닥이 있는 구멍(8b)의 용적은, 제2 프로브(42)의 체적보다도 작은 용적으로 되어 있다.

[0098] 마찰 교반 접합 장치(1)를 사용해서 마찰 교반 접합을 행하는 경우, 우선 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 텨판(7)의 접합 개시점에 미리 형성된 2개의 바닥이 있는 구멍(8a, 8b)에, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)을 삽입한다. 이때, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)은, 2개의 바닥이 있는 구멍(8a, 8b)에 대하여 동시에 삽입해도 되고, 하나씩 삽입해도 된다. 그리고 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)을 회전시킨다(스텝 S1 : 회전 공정).

[0099] 계속해서, 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11), 제2 가압 회전 기구(12), 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)의 두께 방향에 있어서의 삽입 위치와, 진행 방향에 있어서의 전후 위치를 상대적으로 조정한다(스텝 S2 : 위치 조정 공정). 구체적으로, 제어부(20)는 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)의 두께 방향에 있어서의 삽입 위치를 제어하면서, 개선부(6)에 대하여 부여되는 하중이 소정의 하중이 되도록, 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어한다. 또한, 제어부(20)는 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)의 진행 방향에 있어서의 전후 위치를 제어하면서, 공구 부하 검출기(16)의 검출 결과에 기초하여, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22) 사이의 거리 L이 소정의 거리가 되도록, 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어한다.

[0100] 이 후, 제어부(20)는 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)을 한쪽 텨판(7)의 접합 개시점으로부터, 용접선(9) 위를 지나, 다른 쪽의 텨판(7) 위의 접합 종료점까지 이동시킨다(스텝 S3 : 마찰 교반 접합 공정). 이때, 제1 회전 틀(21)이 진행 방향의 전방측에 배치되고, 제2 회전 틀(22)이 진행 방향의 후방측에 배치되므로, 이 마찰 교반 접합 공정 S3에서는, 제1 교반 영역 E1을 선행해서 형성하고 나서, 제2 교반 영역 E2를 형성한다. 따라서, 이 마찰 교반 접합 공정에서는, 제1 회전 틀(21)에 의한 마찰 교반 접합(제1 마찰 교반 접합 공정)과, 제2 회전 틀(22)에 의한 마찰 교반 접합(제2 마찰 교반 접합 공정)이 동시에 실행된다. 또한, 이 마찰 교반 접합 공정 S3에서는, 상기한 바와 같이, 제어부(20)가 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)의 이동 속도를 조정함으로써, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)이 비접촉 상태가 되도록 상대 위치를 조정하고 있다.

[0101] 그리고 제어부(20)는 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)이 접합 종료점에 달하면, 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)을 회전시키면서, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)을 다른 쪽의 텨판(7)으로부터 인발한다(스텝 S4 : 인발 공정).

[0102] 이상과 같이, 실시예 1에 의하면, 마찰 교반 접합 공정 S3에 있어서, 개선부(6)에 제1 교반 영역 E1 및 제2 교반 영역 E2를 형성할 수 있다. 그리고 형성한 제1 교반 영역 E1과 제2 교반 영역 E2를, 개선부(6)의 두께 방향으로 중복시킬 수 있다. 이로 인해, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)에 의해, 개선부(6)의 두께 방향의 전역에 걸쳐, 마찰 교반 접합을 행할 수 있다. 따라서, 실시예 1에서는, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22) 사이에 소정의 간극이 형성되는 일이 없으므로, 접합 결함부의 발생을 억제할 수 있다. 또한, 개선부(6)의 두께

가 변화되어도, 제1 교반 영역 E1과 제2 교반 영역 E2가 중복되는 중복 영역 E3을 두께 방향으로 변화시키면 되므로, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)의 길이를 바꿀 필요가 없으므로, 각 회전 틀(21, 22)에 대한 부하의 증대를 억제할 수 있다. 이상으로부터, 실시예 1에서는, 한 쌍의 금속판(5)의 개선부(6)에 있어서의 두께가 변화되어도 각 회전 틀(21, 22)에 가해지는 부하를 억제하면서, 접합 결함부의 발생을 억제하여, 개선부(6)의 마찰 교반 접합을 적합하게 행할 수 있다.

[0103] 또한, 실시예 1에 의하면, 제1 회전 틀(21)의 제1 선단면(32a) 및 제2 회전 틀(22)의 제2 선단면(42a)이 용접선(9)에 교차된 상태에서, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)이 용접선(9) 위를 이동함으로써, 제1 교반 영역 E1 및 제2 교반 영역 E2를 형성할 수 있다. 이로 인해, 한 쌍의 금속판(5)을 맞댄 맞댐면에 있어서, 제1 교반 영역 E1 및 제2 교반 영역 E2를 두께 방향의 전역에 걸쳐 형성할 수 있으므로, 접합 결함부의 발생을 억제할 수 있다.

[0104] 또한, 실시예 1에 의하면, 제1 회전 틀(21)에 의한 마찰 교반 접합과, 제2 회전 틀(22)에 의한 마찰 교반 접합을 동시에 행할 수 있다. 이때, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)을 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치함으로써, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)의 물리적인 간섭을 억제할 수 있다.

[0105] 또한, 실시예 1에 의하면, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)은 개선부(6)를 사이에 두고 서로 반력을 부여할 수 있으므로, 개선부(6)의 두께 방향에 있어서의 위치를 소정의 위치로 유지하면서, 개선부(6)를 적합하게 마찰 교반할 수 있다.

[0106] 또한, 실시예 1에 의하면, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22) 사이의 거리 L을, 상기한 소정의 범위로 할 수 있으므로, 서로 반력을 보다 확실하게 부여할 수 있다.

[0107] 또한, 실시예 1에 의하면, 제1 회전 틀(21)의 회전 방향과 제2 회전 틀(22)의 회전 방향을 역방향으로 할 수 있다. 이로 인해, 제1 회전 틀(21)의 진행 방향의 전방측에 있어서 개선부(6)에 부여되는 하중 방향과, 제2 회전 틀(22)의 진행 방향의 전방측에 있어서 개선부(6)에 부여되는 하중 방향이 역방향이 된다. 이로 인해, 제1 회전 틀(21)에 의한 개선부(6)에 대한 하중과, 제2 회전 틀(22)에 의한 개선부(6)에 대한 하중을 서로 상쇄할 수 있으므로, 개선부(6)에 대하여 하중이 치우치는 것을 억제할 수 있다. 또한, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22) 사이에 있어서, 마찰 교반되는 금속재의 흐름 방향을 일방향으로 할 수 있다. 이로 인해, 마찰 교반되는 금속재를 원활하게 유동시킬 수 있다.

[0108] 또한, 실시예 1에 의하면, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)을 동일한 형상으로 할 수 있으므로, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)에 의한 마찰 교반의 조건을, 개선부(6)의 두께 방향의 양측에 있어서, 거의 동일 조건으로 할 수 있어, 개선부(6)의 마찰 교반 접합을 적합하게 행할 수 있다.

[0109] 또한, 실시예 1에서는, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)을 같은 형상으로 했지만, 제1 프로브(32)와 제2 프로브(42)가 개선부(6)의 두께 방향에 있어서 서로 중복하여 배치되는 것이면, 다른 형상으로 해도 된다. 예를 들어, 제1 회전 틀(21)의 제1 프로브(32)의 길이를, 제2 회전 틀(22)의 제2 프로브(42)의 길이에 비해 길게 해도 되고, 제2 회전 틀(22)의 제2 프로브(42)의 길이를, 제1 회전 틀(21)의 제1 프로브(32)의 길이에 비해 길게 해도 된다.

[0110] 또한, 실시예 1에서는, 제1 회전축 I1과 제2 회전축 I2를 개선부(6)의 상하 양면에 직교하도록 배치했지만, 제1 회전 틀(21)의 제1 회전축 I1을, 개선부(6)의 상면에 대하여 소정의 각도 분만큼 기울여서 배치하고, 마찬가지로 제2 회전 틀(22)의 제2 회전축 I2를, 개선부(6)의 하면에 대하여 소정의 각도 분만큼 기울여서 배치해도 된다. 소정의 각도는, 예를 들어  $0^\circ$  보다 크고  $3^\circ$  이하가 되는 범위의 각도이다. 이 구성에 의하면, 개선부(6)의 상하 양면에 대하여 제1 회전 틀(21)의 제1 회전축 I1 및 제2 회전 틀(22)의 제2 회전축 I2를 기울일 수 있으므로, 각 솔더부(35, 45)의 각 솔더면(35a, 45a)이 개선부(6)의 상하 양면에 대하여, 경사를 가진 형태로 닿으므로, 개선부(6)를 적극적으로 교반할 수 있다.

[0111] 또한, 실시예 1에서는, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)을 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치했지만, 도 10에 도시하는 변형에 1로 해도 된다. 도 10은, 실시예 1의 변형에 1에 관한 마찰 교반 접합 장치의 일부를 모식적으로 나타낸 개략 구성도이다. 도 10에 도시한 바와 같이, 변형에 1에 관한 마찰 교반 접합 장치(1)는, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)이 개선부(6)의 두께 방향에 직교하는 직교면 내에 있어서, 진행 방향의 전후에 위치 어긋나게 해서 배치되고, 또한 진행 방향에 직교하는 폭 방향의 좌우에 위치 어긋나게 해서 배치되어 있다. 또한, 변형예에 있어서도, 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)은 제1 선단면(32a) 및 제2 선단면(42a)이 용접선(9)과 교차하도록 배치된다.

- [0112] 이 변형 예 1에 의하면, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)을 폭 방향의 좌우에 위치 어긋나게 한 만큼, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22) 사이의 거리 L이 확대되므로, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)을 진행 방향에 근접시킬 수 있게 된다. 이로 인해, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)을 폭 방향의 좌우에 위치 어긋나게 해서 배치함으로써, 제1 회전 틀(21)과 제2 회전 틀(22)의 물리적인 간섭을 보다 적합하게 억제할 수 있게 된다.
- [0113] <실시예 2>
- [0114] 이어서, 도 11 내지 도 14를 참조하여, 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 장치(100)에 대해서 설명한다. 도 11은, 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 장치를 모식적으로 나타낸 개략 구성도이다. 도 12는, 마찰 교반 접합 시에 있어서의 진행 방향을 도시하는 평면도이다. 도 13은, 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 장치에 의한 마찰 교반 접합 동작을 도시하는 설명도이다. 도 14는, 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 방법의 흐름도이다. 또한, 실시예 2에서는, 중복된 기재를 피하기 위해, 실시예 1과 상이한 부분에 대해서 설명함과 함께, 실시예 1과 마찬가지의 구성인 부분에 대해서는, 동일한 부호를 부여한다. 실시예 1의 마찰 교반 접합 장치(1)에서는, 제1 교반 영역 E1과, 제2 교반 영역 E2를 동시에 형성했지만, 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 장치(100)에서는, 제1 교반 영역 E1을 형성한 후, 제2 교반 영역 E2를 형성하고 있다. 이하, 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 장치(100)에 대해서 설명한다.
- [0115] 도 11에 도시한 바와 같이, 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 장치(100)에 있어서, 마찰 교반 공구(10)는 회전 틀(101)과 반력 회전 틀(102)을 갖고, 또한 마찰 교반 접합 장치(100)는 회전 틀(101)과 반력 회전 틀(102)의 위치를 반전하는 반전 기구(103)를 더 구비하고 있다.
- [0116] 회전 틀(101)은 반전 기구(103)에 의해, 개선부(6)의 상방측과 하방측 사이에서 위치가 반전하게 된다. 이로 인해, 회전 틀(101)은 개선부(6)를 사이에 두고, 두께 방향의 상방측에 배치될 경우, 실시예 1의 제1 회전 틀(21)로서 기능하고, 개선부(6)를 사이에 두고, 두께 방향의 하방측에 배치될 경우, 실시예 1의 제2 회전 틀(22)로서 기능한다. 회전 틀(101)은 제1 회전축 I1을 중심으로 회전함과 함께, 개선부(6)의 상하 편면에 가압된다.
- [0117] 반력 회전 틀(102)은 개선부(6)를 사이에 두고, 회전 틀(101)의 반대측에 배치되어 있다. 반력 회전 틀(102)은 반전 기구(103)에 의해, 개선부(6)의 상방측과 하방측 사이에서 위치가 반전하게 된다. 이로 인해, 반력 회전 틀(102)은 회전 틀(101)이 제1 회전 틀(21)로서 기능할 경우, 회전 틀(101)에 반력을 부여하는 제1 반력 회전 틀로서 기능한다. 또한, 반력 회전 틀(102)은 회전 틀(101)이 제2 회전 틀(22)로서 기능할 경우, 회전 틀(101)에 반력을 부여하는 제2 반력 회전 틀로서 기능한다. 반력 회전 틀(102)은 제2 회전축 I2를 중심으로 회전함과 함께, 회전 틀(101)과는 반대측의 개선부(6)의 상하 편면에 가압된다.
- [0118] 이때, 회전 틀(101)의 제1 회전축 I1과, 반력 회전 틀(102)의 제2 회전축 I2는, 연직 방향을 따라서 동축 상에 설치되어 있다. 이로 인해, 제1 회전축 I1 및 제2 회전축 I2는, 개선부(6)의 상하면에 직교한다. 이하, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)에 대해서 설명한다. 또한, 회전 틀(101)은 실시예 1의 제1 회전 틀(21) 및 제2 회전 틀(22)과 거의 마찬가지인 구성이므로, 일부 설명을 생략한다.
- [0119] 회전 틀(101)은 틀 본체(111)와 프로브(112)를 갖고 있다. 틀 본체(111)는 실시예 1과 마찬가지로 원기둥 형상으로 형성되고, 반력 회전 틀(102)측이 되는 선단측에, 솔더부(115)가 형성되어 있다. 프로브(112)는 틀 본체(111)의 솔더부(115)로부터 선단측으로 돌출되어서 설치되어 있다. 프로브(112)는 개선부(6)의 두께 방향에 있어서의 길이가, 개선부(6)의 두께 절반보다도 길어지도록 형성되어 있다.
- [0120] 반력 회전 틀(102)은 원기둥 형상으로 형성되어 있고, 개선부(6)측이 되는 선단측의 면이, 개선부(6)에 맞닿는 원형의 맞닿음면(102a)으로 되어 있다. 이 맞닿음면(102a)은 평탄면으로 되어 있다. 반력 회전 틀(102)은 맞닿음면(102a)을 개선부(6)에 접촉시킨 상태에서 회전함으로써, 회전 틀(101)에 반력을 부여하면서, 개선부(6)에 대하여 마찰에 의한 열을 부여한다. 또한, 실시예 2에서는, 맞닿음면(102a)을 평탄면으로 했지만, 이 형상에 특별히 한정되지 않고, 실시예 1의 홈 형상의 오목부(36)를 맞닿음면(102a)의 전체면에 형성함으로써, 요철면으로 해도 된다.
- [0121] 회전 틀(101)과 반력 회전 틀(102)은 개선부(6)를 사이에 두고 대향하도록 배치되고, 제1 회전축 I1과 제2 회전 축 I2가 동일축 상으로 되어 있다. 이때, 회전 틀(101)과 반력 회전 틀(102)은 개선부(6)의 두께 방향에 있어서, 소정의 간극을 두고 대향하고 있다. 회전 틀(101)과 반력 회전 틀(102)은, 그 회전 방향이 서로 역방향으로 되어 있어도 되고, 동일한 방향이어도 된다.

- [0122] 여기서, 반전 기구(103)에 의한 반전 전의 회전 틀(101)에 의해 개선부(6)에 형성되는 제1 교반 영역 E1과, 반전 후의 회전 틀(101)에 의해 개선부(6)에 형성되는 제2 교반 영역 E2는, 실시예 1의 도 2에 도시하는 영역과 마찬가지이다.
- [0123] 또한, 회전 틀(101)과 반력 회전 틀(102)은, 두께 방향에 있어서, 소정의 간극이 마련되어 있으므로, 용접선(9) 위를 따라 진행 방향으로 이동할 경우, 접촉 가능성이 낮다. 이로 인해, 제어부(20)의 공구 부하 검출기(16)에 의한 이동 제어를 생략해도 된다.
- [0124] 반전 기구(103)는 개선부(6)를 사이에 두고, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)을 두께 방향에 있어서의 상하 양측의 위치를 반전시키고 있다. 그리고 반전 전의 회전 틀(101)은 제1 가압 회전 기구(11)에 연결되고, 제1 이동 기구(13)에 의해 이동한다. 또한, 반전 전의 반력 회전 틀(102)은 제2 가압 회전 기구(12)에 연결되고, 제2 이동 기구(14)에 의해 이동한다. 한편, 반전 후의 회전 틀(101)은 제2 가압 회전 기구(12)에 연결되고, 제2 이동 기구(14)에 의해 이동한다. 또한, 반전 후의 반력 회전 틀(102)은 제1 가압 회전 기구(11)에 연결되고, 제1 이동 기구(13)에 의해 이동한다. 또한, 이 반전 기구(103)는 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)을 반전시켰지만, 이 구성에 특별히 한정되지 않고, 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 포함해서 반전 시켜도 되고, 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 포함해서 반전시켜도 된다.
- [0125] 이어서, 도 12 내지 도 14를 참조하여, 실시예 2의 마찰 교반 접합 장치(100)를 사용한 마찰 교반 접합 방법에 대해서 설명한다. 도 12에 도시한 바와 같이, 실시예 2에서는 제1 교반 영역 E1을 형성하는 반전 전의 회전 틀(101)의 진행 방향(후술하는 스텝 S13에서의 진행 방향)은, 제2 교반 영역 E2를 형성하는 반전 후의 회전 틀(101)의 진행 방향(후술하는 스텝 S18에서의 진행 방향)과 역방향으로 되어 있다. 여기서, 마찰 교반 접합되는 한 쌍의 금속판(5)은 실시예 1과 마찬가지이지만, 반전 전후에 있어서 진행 방향이 역방향이 될 경우, 텁판(7)에 형성되는 2개의 바닥이 있는 구멍(8a, 8b)은, 한쪽의 바닥이 있는 구멍(8a)이 한쪽의 텁판(7)에 형성되고, 다른 쪽의 바닥이 있는 구멍(8b)이 다른 쪽의 텁판(7)에 형성된다. 즉, 실시예 2에 있어서, 한쪽의 바닥이 있는 구멍(8a)은 한쪽의 텁판(7)의 상면에 형성되고, 다른 쪽의 바닥이 있는 구멍(8b)은 다른 쪽의 텁판(7)의 하면에 형성된다.
- [0126] 마찰 교반 접합 장치(100)를 사용해서 마찰 교반 접합을 행하는 경우, 우선 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11)를 제어하여, 한쪽 텁판(7)의 접합 개시점에 미리 형성된 상방측의 바닥이 있는 구멍(8a)에, 반전 전의 회전 틀(101)을 삽입한다. 또한, 제어부(20)는 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 회전 틀(101)과는 반대측(하방측)의 개선부(6)에, 반전 전의 반력 회전 틀(102)을 맞닿게 한다. 그리고 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 회전 틀(101)과 반력 회전 틀(102)을 회전시킨다(스텝 S11 : 회전 공정).
- [0127] 계속해서, 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11), 제2 가압 회전 기구(12), 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 회전 틀(101)과 반력 회전 틀(102)의 두께 방향에 있어서의 위치와, 진행 방향에 있어서의 전후 위치를 상대적으로 조정한다(스텝 S12 : 위치 조정 공정). 구체적으로, 제어부(20)는 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)의 두께 방향에 있어서의 위치를 제어하면서, 개선부(6)에 대하여 부여되는 하중이 소정의 하중이 되도록, 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어한다. 또한, 제어부(20)는 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)의 진행 방향에 있어서의 전후 위치를 제어하여, 제1 회전축 I1과 제2 회전축 I2가 동일축상이 되도록, 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어한다.
- [0128] 이 후, 제어부(20)는 도 13에 도시한 바와 같이, 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)을 한쪽 텁판(7)의 접합 개시점으로부터, 용접선(9) 위를 지나, 다른 쪽의 텁판(7) 위의 접합 종료점까지 이동시킨다(스텝 S13 : 제1 마찰 교반 접합 공정). 이때, 회전 틀(101)은 개선부(6)의 두께 방향의 상방측에 배치되므로, 제1 마찰 교반 접합 공정에서는, 제1 교반 영역 E1이 형성된다. 또한, 개선부(6)의 두께 방향의 하방측에 있어서도, 반력 회전 틀(102)과 개선부(6) 사이의 벌연에 의해, 개선부(6)의 하면이 평탄화됨과 함께, 개선부(6)의 하면에 1mm 이하의 임시 접합 교반 영역 E4가 형성되고, 개선부(6)의 하방측에 있어서 임시 접합된 상태가 된다.
- [0129] 그리고 제어부(20)는 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)이 접합 종료점에 달하면, 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)을 회전시키면서, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)을 다른 쪽의 텁판(7)으로부터 인발한다(스텝 S14 : 인발 공정).
- [0130] 계속해서, 제어부(20)는 도 13에 도시한 바와 같이, 반전 기구(103)를 제어하여, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀

(102)의 두께 방향에 있어서의 위치를, 개선부(6)를 사이에 두고 반전시키는 반전 공정(툴 반전 공정)을 행한다(스텝 S15). 즉, 반전 기구(103)는 개선부(6)를 사이에 두고, 상방측에 위치하는 회전 툴(101)을 하방측에 위치시키고, 하방측에 위치하는 반력 회전 툴(102)을 상방측에 위치시킨다. 이로 인해, 한 쌍의 금속판(5)의 위치는 유지된다.

[0131] 계속해서, 제어부(20)는 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 다른 쪽의 템판(7)의 접합 개시점에 미리 형성된 하방측의 바닥이 있는 구멍(8b)에, 반전 후의 회전 툴(101)을 삽입한다. 또한, 제어부(20)는 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하고, 회전 툴(101)과는 반대측(상방측)의 개선부(6)에, 반전 후의 반력 회전 툴(102)을 맞닿게 한다. 그리고 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 회전 툴(101)과 반력 회전 툴(102)을 회전시킨다(스텝 S16 : 회전 공정).

[0132] 계속해서, 제어부(20)는 스텝 S12와 마찬가지로, 제1 가압 회전 기구(11), 제2 가압 회전 기구(12), 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 회전 툴(101)과 반력 회전 툴(102)의 두께 방향에 있어서의 위치와, 진행 방향에 있어서의 전후 위치를 상대적으로 조정한다(스텝 S17 : 위치 조정 공정).

[0133] 이 후, 제어부(20)는 도 13에 도시한 바와 같이, 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 회전 툴(101) 및 반력 회전 툴(102)을 다른 쪽의 템판(7)의 접합 개시점으로부터, 용접선(9) 위를 지나, 한쪽의 템판(7) 위의 접합 종료점까지 이동시킨다(스텝 S18 : 제2 마찰 교반 접합 공정). 이때, 회전 툴(101)은 개선부(6)의 두께 방향의 하방측에 배치되므로, 제2 마찰 교반 접합 공정에서는, 회전 툴(101)의 길이에 대응한 제2 교반 영역 E2가 임시 접합 교반 영역 E4와 중첩되어서 형성된다.

[0134] 그리고 제어부(20)는 회전 툴(101) 및 반력 회전 툴(102)이 접합 종료점에 달하면, 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 회전 툴(101) 및 반력 회전 툴(102)을 회전시키면서, 회전 툴(101) 및 반력 회전 툴(102)을 한쪽의 템판(7)으로부터 인발한다(스텝 S19 : 인발 공정).

[0135] 이와 같이, 마찰 교반 접합 방법에서는, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13의 실행 후, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18이 실행되므로, 개선부(6)의 상방측에 제1 교반 영역 E1을 형성한 후, 개선부(6)의 하방측에 제2 교반 영역 E2를 형성한다. 또한, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13 및 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에서는, 제어부(20)가 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 회전 툴(101) 및 반력 회전 툴(102)의 이동 속도를 조정함으로써, 제1 회전축 I1과 제2 회전축 I2가 동일축 상이 되도록 상대 위치를 조정하고 있다.

[0136] 이상과 같이, 실시예 2에 의하면, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에 있어서, 회전 툴(101)과 반력 회전 툴(102)을 사용하여, 제1 교반 영역 E1을 형성할 수 있다. 또한, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에 있어서, 회전 툴(101)과 반력 회전 툴(102)을 사용하여, 제2 교반 영역 E2를 형성할 수 있다. 이때, 반력 회전 툴(102)은 회전 툴(101)에 반력을 부여함으로써, 개선부(6)의 두께 방향에 있어서의 위치 변동을 억제할 수 있고, 또한 개선부(6)에 대하여 회전에 의한 입열을 부여할 수 있다. 그리고 형성된 제1 교반 영역 E1과 제2 교반 영역 E2는, 개선부(6)의 두께 방향으로 중복되므로, 두께 방향의 전역에 걸쳐 마찰 교반을 행할 수 있어, 접합 결함부의 발생을 억제할 수 있다. 또한, 개선부(6)의 두께가 변화되어도, 제1 교반 영역 E1과 제2 교반 영역 E2가 중복되는 중복 영역 E3을 두께 방향으로 변화시키면 되므로, 회전 툴(101)의 길이를 바꿀 필요가 없으므로, 회전 툴(101)에 대한 부하의 증대를 억제할 수 있다. 이상으로부터, 실시예 2에서도, 한 쌍의 금속판(5)의 개선부(6)에 있어서의 두께가 변화되어도 회전 툴(101)에 가해지는 부하를 억제하면서, 접합 결함부의 발생을 억제하여, 개선부(6)의 마찰 교반 접합을 적합하게 행할 수 있다.

[0137] 또한, 실시예 2에 의하면, 마찰 교반 시에 있어서, 맞닿음면(102a)이 맞닿는 측의 개선부(6)의 면을, 평탄면이 되도록 평평하게 할 수 있다. 이로 인해, 금속재(5)의 개선부(6)에 요철이 있는 경우에도, 반력 회전 툴(102)을 개선부(6)에 밀착시킬 수 있어, 안정되게 회전 툴(101)의 반력을 지지할 수 있으므로, 적합하게 마찰 교반 접합을 행할 수 있다. 또한, 반력 회전 툴(102)이 접촉하는 개선부(6)에의 접촉 면적이, 개선부(6)로 대하여 평면 형상의 뒷댐판을 대는 경우와 비교하여 좁으므로, 반력 회전 툴(102)측(뒷댐판측)으로 릴리스하는 열을 감소시킬 수 있어, 적은 에너지로 개선부(6)를 접합할 수 있게 된다.

[0138] 또한, 실시예 2에 의하면, 한 쌍의 금속판(5)의 위치를 반전시키지 않고, 한 쌍의 금속판(5)의 위치를 유지할 수 있다. 이로 인해, 한 쌍의 금속판(5)의 반전 작업을 행하지 않고, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13 및 제2 마찰 교반 접합 공정 S18을 실행할 수 있다.

[0139] 또한, 실시예 2에 의하면, 툴 반전 공정 S15를 행함으로써, 회전 툴(101)에 의해 제1 교반 영역 E1 및 제2 교반 영역 E2를 형성할 수 있다.

- [0140] 또한, 실시예 2에 의하면, 개선부(6)의 상방측에 제1 교반 영역 E1을 형성했을 때에, 개선부(6)의 하방측에 임시 구비 접합이 되는 임시 접합 교반 영역 E4가 형성되므로, 미접합 영역으로 진입하는 이물을, 제1 교반 영역 E1 및 임시 접합 교반 영역 E4에 의해 억제할 수 있다.
- [0141] 또한, 실시예 2에 의하면, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에 있어서의 진행 방향과, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에 있어서의 진행 방향을 역방향으로 할 수 있다. 이로 인해, 반전 전의 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)의 접합 종료점을, 반전 후의 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)의 접합 개시점으로 할 수 있다. 이로 인해, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)의 이동을 적은 것으로 할 수 있다. 또한, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에 있어서의 진행 방향과, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에 있어서의 진행 방향이 역방향일 경우, 제1 마찰 교반 공정 S13의 입열에 의한 영향을, 제2 마찰 교반 공정 S18의 접합 개시점에 있어서 받아, 금속재가 가열되어 연화된 상태에서 개선부(6)를 접합하게 되므로, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13과 제2 마찰 교반 공정 S18에 있어서 조건을 바꿀 필요가 있으므로, 동일한 접합 조건으로 마찰 교반 접합할 수 있도록, 입열에 의한 영향을 억제하기 위해, 개선부(6)를 냉각하는 냉각 기구를, 마찰 교반 접합 장치(100)에 설치해도 된다. 이 냉각 기구는, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)의 내부에 내장해도 되고, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)은 별개의 기구로 해도 되어, 특별히 한정되지 않는다.
- [0142] 또한, 실시예 2에서는, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)을 반전시켜서, 제1 교반 영역 E1 및 제2 교반 영역 E2를 형성했지만, 이 구성에 특별히 한정되지 않는다. 마찰 교반 공구(10)는 제1 교반 영역 E1을 형성하는 제1 회전 틀 및 제1 반력 회전 틀과, 제2 교반 영역 E2를 형성하는 제2 회전 틀 및 제2 반력 회전 틀을 각각 갖는 구성이어야 한다.
- [0143] 또한, 실시예 2에서는, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에 있어서의 회전 틀(101)의 진행 방향과, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에 있어서의 회전 틀(101)의 진행 방향을 역방향으로 했지만, 도 15에 도시하는 변형예 2로 해도 된다. 도 15는, 실시예 2의 변형예 2에 관한 마찰 교반 접합 시의 진행 방향을 도시하는 평면도이다. 도 15에 도시한 바와 같이, 변형예 2에서는 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에 있어서의 회전 틀(101)의 진행 방향과, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에 있어서의 회전 틀(101)의 진행 방향이 동일한 방향으로 되어 있다.
- [0144] 또한, 실시예 2에서는, 반력 회전 틀(102)의 맞닿음면(102a)이 평탄면으로 되어 있었지만, 도 16에 나타내는 변형예 3으로 해도 된다. 도 16은, 실시예 2의 변형예 3에 관한 마찰 교반 접합 장치의 일부를 모식적으로 나타낸 개략 구성도이다. 도 16에 도시한 바와 같이, 변형예 3에 관한 반력 회전 틀(102)에는, 그 맞닿음면(102a)으로부터 돌출된 돌기부(102b)가 형성되어 있다. 이 돌기부(102b)는 두께 방향에 있어서, 회전 틀(101)의 프로브(112)의 길이보다도 짧게 형성되어 있고, 개선부(6)의 두께 절반보다도 짧아지도록 형성되어 있다. 이로 인해, 회전 틀(101)의 프로브(112)와 반력 회전 틀(102)의 돌기부(102b)와의 사이에는, 소정의 간극이 형성된다.
- [0145] 이와 같이, 변형예 3에 의하면, 맞닿음면(102a)이 맞닿는 측의 개선부(6)의 면을, 돌기부(102b)에 의해 마찰 교반 접합할 수 있다. 이로 인해, 예를 들어 제1 마찰 교반 접합 공정 S13 후에 제2 마찰 교반 접합 공정 S18을 행하는 경우, 반전 후의 회전 틀(101)에 의한 마찰 교반에 앞서, 반전 전의 반력 회전 틀(102)에 의해 개선부(6)의 하방측 면을 돌기가 없을 경우보다도 훨씬 견고하게 임시 접합(임시 구비 접합)할 수 있다. 이로 인해, 개선부(6)의 하방측이 개방되어 버리는 것을 임시 접합에 의해 억제할 수 있으므로, 반전 후의 회전 틀(101)에 의해 개선부(6)의 하방측을 적합하게 마찰 교반할 수 있다.
- [0146] 또한, 실시예 2에서는, 반전 기구(103)에 의해, 회전 틀(101) 및 반력 회전 틀(102)을 개선부(6)를 사이에 두고 두께 방향의 상하 양측에 있어서의 위치를 반전시켰지만, 도 17에 나타내는 변형예 4로 해도 된다. 도 17은, 실시예 2의 변형예 4에 관한 마찰 교반 접합 장치에 의한 마찰 교반 접합 동작을 도시하는 설명도이다. 도 17에 도시한 바와 같이, 변형예 4에서는 한 쌍의 금속판(5)을 두께 방향에 있어서 반전시키고 있다. 이로 인해, 변형예 4에서는, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에 있어서, 개선부(6)의 상방측에 제1 교반 영역 E1을 형성하고, 한 쌍의 금속판(5)의 반전 후, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에 있어서, 개선부(6)의 상방측에 제2 교반 영역 E2를 형성한다.
- [0147] 여기서, 도 17을 참조하여, 변형예 4에 관한 마찰 교반 접합 방법에 대해서 설명한다. 또한, 변형예 4에서는, 변형예 2 및 변형예 3을 조합한 마찰 교반 접합 방법으로 되어 있다. 변형예 4의 마찰 교반 접합 방법은, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13, 반전 공정 S15 및 제2 마찰 교반 접합 공정 S18이, 실시예 2와 다르므로, 이들 공정에 대해서 설명한다.
- [0148] 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에서는, 제어부(20)가 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 회전

툴(101) 및 반력 회전 툴(102)을 한쪽 텁판(7)의 접합 개시점으로부터, 용접선(9) 위를 지나, 다른 쪽의 텁판(7) 위의 접합 종료점까지 이동시킨다(스텝 S13 : 제1 마찰 교반 접합 공정). 이때, 회전 툴(101)은 개선부(6)의 두께 방향의 상방측에 배치되므로, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에서는, 개선부(6)의 상방측에 제1 교반 영역 E1이 형성된다. 또한, 반력 회전 툴(102)은 개선부(6)의 두께 방향의 하방측에 배치되므로, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에서는, 돌기부(102b)에 의해 개선부(6)의 하방측이 마찰 교반 접합됨으로써, 임시 접합 교반 영역 E4가 형성되어, 임시 접합된다.

[0149] 반전 공정(재료 반전 공정) S15에서는, 한 쌍의 금속판(5)이 그 두께 방향에 있어서 반전하게 된다. 한 쌍의 금속판(5)을 반전시킴으로써, 개선부(6)의 하방측이 제1 교반 영역 E1이 되는 한편, 개선부(6)의 상방측이 임시 접합 교반 영역 E4가 된다.

[0150] 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에서는, 제어부(20)가 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 회전 툴(101) 및 반력 회전 툴(102)을 한쪽 텁판(7)의 접합 개시점으로부터, 용접선(9) 위를 지나, 다른 쪽 텁판(7) 위의 접합 종료점까지 이동시킨다(스텝 S18 : 제2 마찰 교반 접합 공정). 이로 인해, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에 있어서의 회전 툴(101)의 진행 방향은, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13과 같은 진행 방향이 된다. 이때, 회전 툴(101)은 개선부(6)의 두께 방향의 상방측에 위치하므로, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에서는, 개선부(6)의 상방측에 제2 교반 영역 E2가, 임시 접합 교반 영역 E4와 중첩되어서 형성된다. 또한, 반력 회전 툴(102)은 개선부(6)의 두께 방향의 하방측에 위치하므로, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에서는, 돌기부(102b)에 의해 개선부(6)의 하방측이 마찰 교반 접합된다.

[0151] 이와 같이, 변형 예 4에 의하면, 한 쌍의 금속판(5)을 반전시킴으로써, 회전 툴(101)과 반력 회전 툴(102)을 사용하여, 제1 교반 영역 E1 및 제2 교반 영역 E2를 형성할 수 있다. 이로 인해, 회전 툴(101) 및 반력 회전 툴(102)의 위치를 반전시키지 않고, 한 쌍의 금속판(5)의 위치를 반전시킴으로써, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13 및 제2 마찰 교반 접합 공정 S18을 실행할 수 있다. 또한, 반력 회전 툴(102)은 회전 툴(101)에 비하여 회전에 필요한 힘이 낮기 때문에, 회전 구동하는 모터의 출력을 저감시키는 것도 가능하다.

[0152] <실시예 3>

[0153] 이어서, 도 18 및 도 19를 참조하여, 실시예 3에 관한 마찰 교반 접합 장치(120)에 대해서 설명한다. 도 18은, 실시예 3에 관한 마찰 교반 접합 장치에 의해 보수되는 접합부의 설명도이다. 도 19는, 실시예 3에 관한 마찰 교반 접합 장치에 의한 보수 동작을 도시하는 설명도이다. 또한, 실시예 3에서도, 중복된 기재를 피하기 위해, 실시예 1 및 2와 상이한 부분에 대해서 설명함과 함께, 실시예 1 및 2와 마찬가지의 구성인 부분에 대해서는, 동일한 부호를 부여한다. 실시예 3에 관한 마찰 교반 접합 장치(120)는 실시예 1 및 실시예 2에 있어서 마찰 교반 접합된 개선부(6)인 접합부(121)에 발생하는 접합 결함부(122)를 보수 가능한 구성으로 되어 있다. 이하, 실시예 3에 관한 마찰 교반 접합 장치(120)의 설명에 앞서, 접합 결함부(122)에 대해서 설명한다.

[0154] 도 18에 도시한 바와 같이, 마찰 교반 접합된 접합부(121)에는, 두께 방향에 있어서의 소정의 범위에 한 쌍의 금속판(5)의 미접합 부분이 되는 접합 결함부(122)가 형성되어 있고, 이 접합 결함부(122)는 진행 방향에 걸쳐 형성되어 있다. 즉, 접합 결함부(122)는 접합부(121)의 내부에 형성되고, 두께 방향에 있어서의 높이가 변화하지 않고, 진행 방향으로 연장되어 형성되어 있다.

[0155] 도 18에 나타내는 접합 결함부(122)를 보수하는 마찰 교반 접합 장치(120)는 도 19에 도시한 바와 같이, 마찰 교반 공구(10)가 보수용 회전 툴(131)과 반력 회전 툴(132)을 갖고 있다.

[0156] 보수용 회전 툴(131)은 접합부(121)를 사이에 두고, 접합 결함부(122)가 형성되는 측에 배치된다. 보수용 회전 툴(131)은 제1 회전축 I1을 중심으로 회전함과 함께, 접합부(121)의 일방측 면(도 19의 상면)에 가압된다.

[0157] 반력 회전 툴(132)은, 실시예 2의 반력 회전 툴(102)과 마찬가지이며, 접합부(121)를 사이에 두고, 보수용 회전 툴(131)의 반대측에 배치되어 있다. 반력 회전 툴(132)은 제2 회전축 I2를 중심으로 회전함과 함께, 보수용 회전 툴(131)과는 반대측 접합부(121)의 타방측 면(도 19의 하면)에 가압된다.

[0158] 또한, 보수용 회전 툴(131)의 제1 회전축 I1과 반력 회전 툴(132)의 제2 회전축 I2는, 연직 방향을 따라서 동축 상에 설치되어 있다. 이하, 보수용 회전 툴(131) 및 반력 회전 툴(132)에 대해서 설명한다. 또한, 반력 회전 툴(132)은 실시예 2의 반력 회전 툴(102)과 마찬가지인 구성이므로 설명을 생략한다.

[0159] 보수용 회전 툴(131)은 툴 본체(141)와 프로브(142)를 갖고 있다. 툴 본체(141)는 원기둥 형상으로 형성되고, 반력 회전 툴(132)측이 되는 선단측에, 솔더부(145)가 형성되어 있다. 프로브(142)는 툴 본체(141)의 솔더부

(145)로부터 선단측으로 돌출되어서 설치되어 있다. 프로브(142)는 접합부(121)의 두께 방향에 있어서의 길이가, 접합부(121)의 일방측 면으로부터 접합부(121)의 내부에 달함과 함께, 접합 결합부(122)를 덮는 길이로 되어 있다. 구체적으로, 프로브(142)는 접합부(121)의 두께 방향에 있어서의 길이가, 접합부(121)의 두께 절반보다도 짧아지도록 형성되어 있다.

[0160] 또한, 보수용 회전 툴(131)은 제1 가압 회전 기구(11)에 연결되고, 제1 이동 기구(13)에 의해 이동한다. 또한, 반력 회전 툴(132)은 제2 가압 회전 기구(12)에 연결되고, 제2 이동 기구(14)에 의해 이동한다.

[0161] 상기 마찰 교반 접합 장치(120)를 사용해서 접합부(121)의 보수를 행하는 경우, 제어부(20)는 제1 가압 회전 기구(11)를 제어하여, 접합 결합부(122)가 형성되는 측이 되는 접합부(121)의 일방측 면에, 보수용 회전 툴(131)을 가압한다. 또한, 제어부(20)는 제2 가압 회전 기구(12)를 제어하여, 보수용 회전 툴(131)의 반대측이 되는 접합부(121)의 타방측 면에, 반력 회전 툴(132)을 가압한다. 또한, 보수를 행하는 경우에도, 실시예 1 및 2와 마찬가지로 바닥이 있는 구멍을 형성한 텁판을 사용해도 된다. 이때, 제어부(20)는 보수용 회전 툴(131)과 반력 회전 툴(132)의 두께 방향에 있어서의 위치를 제어하면서, 접합부(121)에 대하여 부여되는 하중이 소정의 하중이 되도록, 제1 가압 회전 기구(11) 및 제2 가압 회전 기구(12)를 제어한다. 그리고 제어부(20)는 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 보수용 회전 툴(131) 및 반력 회전 툴(132)을 접합부(121)가 형성되는 방향을 진행 방향으로 하여 이동시킨다. 이때, 보수용 회전 툴(131)은 프로브(142)가 두께 방향에 있어서 접합 결합부(122)를 덮는 길이로 되어 있으므로, 두께 방향에 있어서 접합 결합부(122)를 마찰 교반 접합할 수 있고, 또한 진행 방향에 걸쳐 접합 결합부(122)를 마찰 교반 접합할 수 있다.

[0162] 이상과 같이, 실시예 3에 의하면, 보수용 회전 툴(131)과 반력 회전 툴(132)을 사용하여, 접합부(121)에 발생하는 접합 결합부(122)를 보수할 수 있다. 이때, 반력 회전 툴(132)은 보수용 회전 툴(131)에 반력을 부여함으로써, 접합부(121)의 두께 방향에 있어서의 위치 변동을 억제할 수 있고, 또한 접합부(121)에 대하여 회전에 의한 입열을 부여할 수 있다.

[0163] <실시예 4>

[0164] 이어서, 도 20 및 도 21을 참조하여, 실시예 4에 관한 마찰 교반 접합 장치(150)에 대해서 설명한다. 도 20은, 실시예 4에 관한 마찰 교반 접합 장치의 일부를 모식적으로 나타낸 개략 구성도이다. 도 21은, 실시예 4에 관한 마찰 교반 접합 장치에 의한 마찰 교반 접합 동작을 도시하는 설명도이다. 또한, 실시예 4에서도, 중복된 기재를 피하기 위해, 실시예 1 내지 3과 상이한 부분에 대해서 설명함과 함께, 실시예 1 내지 3과 마찬가지의 구성인 부분에 대해서는, 동일한 부호를 부여한다. 실시예 2에 관한 마찰 교반 접합 장치(100)에서는, 회전 툴(101)과 반력 회전 툴(102)을 반전 기구(103)에 의해 반전시킴으로써, 제1 교반 영역 E1 및 제2 교반 영역 E2를 형성하였다. 실시예 4에 관한 마찰 교반 접합 장치(150)에서는, 회전 툴(151) 및 반력 회전 툴(152)에 각각 설치되는 제1 프로브 핀(162) 및 제2 프로브 핀(172)을 적절히 출몰시킴으로써, 제1 교반 영역 E1 및 제2 교반 영역 E2를 형성하고 있다. 이하, 실시예 4에 관한 마찰 교반 접합 장치(150)에 대해서 설명한다.

[0165] 도 20에 도시한 바와 같이, 실시예 4에 관한 마찰 교반 접합 장치(150)에 있어서, 마찰 교반 공구(10)는 회전 툴(151)과 반력 회전 툴(152)를 갖고 있다. 회전 툴(151)과 반력 회전 툴(152)은, 개선부(6)를 사이에 두고 두께 방향의 양측에 배치되어 있다. 회전 툴(151)은 제1 회전축 I1을 중심으로 회전하고, 반력 회전 툴(152)은 제2 회전축 I2를 중심으로 회전하고, 제1 회전축 I1과 제2 회전축 I2는 동일축 상으로 되어 있다.

[0166] 회전 툴(151)은, 제1 툴 본체(161)와 제1 프로브 핀(162)을 갖고 있다. 제1 툴 본체(161)는 원기둥 형상으로 형성되고, 반력 회전 툴(152)측이 되는 선단측에, 제1 솔더부(165)가 형성되어 있다. 제1 툴 본체(161)에는, 제1 회전축 I1을 따라 관통 형성되는 제1 삽입 관통 구멍(166)이 마련되어 있다.

[0167] 제1 삽입 관통 구멍(166)은 제1 프로브 핀(162)을 삽입 관통하기 위한 구멍으로 되어 있다. 제1 삽입 관통 구멍(166)은 제1 툴 본체(161)의 전체 길이에 걸쳐 관통 형성되어 있다. 제1 삽입 관통 구멍(166)은 제1 회전축 I1에 직교하는 면으로 자른 단면이 원형으로 되어 있고, 제1 회전축 I1을 중심축으로 하는 중공 원기둥 형상으로 형성되어 있다.

[0168] 제1 프로브 핀(162)은 회전 툴(151)의 제1 삽입 관통 구멍(166)에 회전 가능하게 삽입 관통되어, 제1 회전축 I1의 축 방향으로 이동 가능하게 되어 있다. 제1 프로브 핀(162)은 단면이 원형이 되는 원기둥 형상으로 형성되어 있다. 제1 프로브 핀(162)은 선단측의 부위가 제1 삽입 관통 구멍(166)으로부터 돌출된다. 또한, 제1 프로브 핀(162)은 제1 툴 본체(161)와 동기해서 회전해도 되고, 제1 툴 본체(161)와는 독립하여 회전해도 되고, 특별히 한정되지 않는다.

- [0169] 제1 프로브 핀(162)에는, 제1 삽입 관통 구멍(166) 내를 축 방향으로 이동시킴과 함께, 제1 프로브 핀(162)을 회전시키는 제1 축 이동 회전 기구(167)가 접속되어 있다. 제1 축 이동 회전 기구(167)는 제어부(20)에 접속되고, 제어부(20)에 의해 제1 축 이동 회전 기구(167)가 제어됨으로써, 제1 프로브 핀(162)의 축 방향으로의 이동과 회전이 제어된다.
- [0170] 반력 회전 툴(152)은 회전 툴(151)과 동일한 구성으로 되어 있고, 제2 툴 본체(171)와, 제2 프로브 핀(172)을 갖고 있다. 또한, 제2 툴 본체(171)는 제1 툴 본체(161)와 마찬가지이며, 제1 솔더부(165)와 마찬가지인 제2 솔더부(175)가 형성됨과 함께, 제1 삽입 관통 구멍(166)과 마찬가지인 제2 삽입 관통 구멍(176)이 형성되어 있다. 또한, 제2 프로브 핀(172)은 제1 프로브 핀(162)과 마찬가지이며, 제2 축 이동 회전 기구(177)에 의해 축 방향으로의 이동과 회전이 행하여진다.
- [0171] 여기서, 회전 툴(151)은 제1 프로브 핀(162)의 돌출 길이에 따라, 제1 교반 영역 E1을 형성하는 회전 툴(제1 회전 툴)로서 기능하거나, 제2 교반 영역 E2를 형성하는 회전 툴에 반력을 부여하는 반력 회전 툴(제2 반력 회전 툴)로서 기능하거나 한다. 또한, 반력 회전 툴(152)은 제2 프로브 핀(172)의 돌출 길이에 따라, 제1 교반 영역 E1을 형성하는 회전 툴에 반력을 부여하는 반력 회전 툴(제1 반력 회전 툴)로서 기능하거나, 제2 교반 영역 E2를 형성하는 회전 툴(제2 회전 툴)로서 기능하거나 한다. 즉, 회전 툴(151)은 반력 회전 툴로서 동작 가능하고, 또한 반력 회전 툴(152)은 회전 툴로서 동작 가능하다.
- [0172] 제1 교반 영역 E1을 형성할 경우, 회전 툴(151)은 제1 프로브 핀(162)의 돌출 길이를, 반력 회전 툴(152)의 제2 프로브 핀(172)의 돌출 길이보다도 길게 하고 있다. 구체적으로, 제1 프로브 핀(162)은 개선부(6)의 두께 방향에 있어서의 길이가, 개선부(6)의 두께 절반보다도 길어지도록, 제1 솔더부(165)로부터 돌출된다. 이때, 회전 툴(151)의 제1 회전축 I1과 반력 회전 툴(152)의 제2 회전축 I2는 동일축 상에 있으므로, 제1 프로브 핀(162)과 제2 프로브 핀(172) 사이에는 소정의 간극이 형성된다. 이로 인해, 제2 프로브 핀(172)은 개선부(6)의 두께 방향에 있어서의 길이가, 개선부(6)의 두께 절반보다도 짧아지도록, 제2 솔더부(175)로부터 돌출된다.
- [0173] 한편, 제2 교반 영역 E2를 형성할 경우, 회전 툴(151)은 제1 프로브 핀(162)의 돌출 길이를, 반력 회전 툴(152)의 제2 프로브 핀(172)의 돌출 길이보다도 짧게 하고 있다. 구체적으로, 제1 프로브 핀(162)은 개선부(6)의 두께 방향에 있어서의 길이가, 개선부(6)의 두께 절반보다도 짧아지도록, 제1 솔더부(165)로부터 돌출시킴으로써, 회전 툴(151)을 반력 회전 툴로서 기능시킨다. 제2 프로브 핀(172)은 개선부(6)의 두께 방향에 있어서의 길이가, 개선부(6)의 두께 절반보다도 길어지도록, 제2 솔더부(175)로부터 돌출시킴으로써, 반력 회전 툴(152)을 회전 툴로서 기능시킨다.
- [0174] 이로 인해, 제1 교반 영역 E1의 형성 시에 있어서의 회전 툴(151)과 제2 교반 영역 E2의 형성 시에 있어서의 반력 회전 툴(152)은, 개선부(6)의 두께 방향에 있어서, 개선부(6)의 내부에 있어서 서로 중복된다.
- [0175] 여기서, 도 21을 참조하여, 실시예 4에 관한 마찰 교반 접합 방법에 대해서 설명한다. 또한, 실시예 4의 마찰 교반 접합 방법은, 실시예 2의 제1 마찰 교반 접합 공정 S13 및 제2 마찰 교반 접합 공정 S18과 달리, 또한 실시예 2의 반전 공정 S15 대신에 교체 공정 S25를 행하고 있으므로, 이 공정에 대해서 설명한다.
- [0176] 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에서는, 제어부(20)가 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 회전 툴(151) 및 반력 회전 툴(152)을 한쪽 텁판(7)의 접합 개시점으로부터, 용접선(9) 위를 지나, 다른 쪽 텁판(7) 위의 접합 종료점까지 이동시킨다(스텝 S13 : 제1 마찰 교반 접합 공정). 이때, 회전 툴(151)은 개선부(6)의 두께 방향의 상방측에 배치되고, 제1 프로브 핀(162)이 제2 프로브 핀(172)보다도 길기 때문에, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에서는, 개선부(6)의 상방측에 제1 교반 영역 E1이 형성된다. 또한, 반력 회전 툴(152)은 개선부(6)의 두께 방향의 하방측에 배치되고, 제2 프로브 핀(172)이 제1 프로브 핀(162)보다도 짧기 때문에, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에서는, 개선부(6)의 하방측이 마찰 교반 접합됨으로써, 임시 접합 교반 영역 E4가 형성되고, 임시 접합된다.
- [0177] 교체 공정 S25에서는, 제어부(20)가 제1 축 이동 회전 기구(167) 및 제2 축 이동 회전 기구(177)를 제어하여, 제1 프로브 핀(162)의 돌출 길이와, 제2 프로브 핀(172)의 돌출 길이를 각각 변위시켜, 제2 프로브 핀(172)의 돌출 길이를, 제1 프로브 핀(162)보다도 길게 한다. 이로 인해, 교체 공정 S25에서는, 회전 툴(151)을 반력 회전 툴로 하고, 반력 회전 툴(152)을 회전 툴로 한다. 또한, 교체 공정 S25에서는, 회전 툴(151) 및 반력 회전 툴(152)을 개선부(6)로부터 인발하는 일 없이, 제1 프로브 핀(162) 및 제2 프로브 핀(172)의 돌출 길이를 변위시킬 수 있으므로, 실시예 2의 인발 공정 S14를 생략할 수 있게 된다.
- [0178] 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에서는, 제어부(20)가 제1 이동 기구(13) 및 제2 이동 기구(14)를 제어하여, 회전

툴(151) 및 반력 회전 툴(152)을 다른 쪽 텁판(7)의 접합 개시점으로부터, 용접선(9) 위를 지나, 한쪽 텁판(7) 위의 접합 종료점까지 이동시킨다(스텝 S18 : 제2 마찰 교반 접합 공정). 이로 인해, 제1 마찰 교반 접합 공정 S13에 있어서의 회전 툴(151) 및 반력 회전 툴(152)의 진행 방향과, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에 있어서의 회전 툴(151) 및 반력 회전 툴(152)의 진행 방향은, 역방향이 된다. 이때, 반력 회전 툴(152)은 개선부(6)의 두께 방향의 하방측에 배치되고, 제2 프로브 핀(172)이 제1 프로브 핀(162)보다도 길기 때문에, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에서는 개선부(6)의 하방측에 제2 교반 영역 E2가, 임시 접합 교반 영역 E4와 중첩되어서 형성된다. 또한, 회전 툴(151)은 개선부(6)의 두께 방향의 상방측에 배치되고, 제1 프로브 핀(162)이 제2 프로브 핀(172)보다도 짧기 때문에, 제2 마찰 교반 접합 공정 S18에서는, 개선부(6)의 상방측이 마찰 교반 접합된다.

[0179] 이상과 같이, 실시예 4에 의하면, 교체 공정 S25에 있어서, 제1 프로브 핀(162)의 돌출 길이와, 제2 프로브 핀(172)의 돌출 길이를 각각 변위시킴으로써, 회전 툴(151)을 반력 회전 툴로 할 수 있고, 반력 회전 툴(152)을 회전 툴로 할 수 있다. 이때, 회전 툴(151) 및 반력 회전 툴(152)은 인발할 필요가 없으므로, 작업 공정을 단축할 수 있다.

[0180] 또한, 제1 교반 영역 E1의 형성 시에 있어서, 제2 프로브 핀(172)은 제2 솔더부(175)로부터 돌출시키지 않아도 되고, 마찬가지로 제2 교반 영역 E2의 형성 시에 있어서, 제1 프로브 핀(162)은 제1 솔더부(165)로부터 돌출시키지 않아도 된다.

[0181] 또한, 제1 프로브 핀(162)이 제1 솔더부(165)로부터 노출되는 선단부를, 끌이 가늘어지는 테이퍼 형상으로 해도 되고, 제2 프로브 핀(172)도 제1 프로브 핀(162)과 마찬가지로 테이퍼 형상으로 해도 된다.

### 부호의 설명

1 : 마찰 교반 접합 장치

5 : 금속판

6 : 개선부

7 : 텁판

8a, 8b : 바닥이 있는 구멍

9 : 용접선

10 : 마찰 교반 공구

11 : 제1 가압 회전 기구

12 : 제2 가압 회전 기구

13 : 제1 이동 기구

14 : 제2 이동 기구

16 : 공구 부하 검출기

20 : 제어부

21 : 제1 회전 툴

22 : 제2 회전 툴

31 : 제1 툴 본체

32 : 제1 프로브

32a : 제1 선단면

35 : 제1 솔더부

35a : 제1 솔더면

36 : 오목부

41 : 제2 틀 본체

42 : 제2 프로브

42a : 제2 선단면

45 : 제2 솔더부

45a : 제2 솔더면

51 : 제1 모터 부하 검출기

52 : 제2 모터 부하 검출기

100 : 마찰 교반 접합 장치

101 : 회전 틀

102 : 반력 회전 틀

102a : 맞닿음면

102b : 돌기부

103 : 반전 기구

111 : 틀 본체

112 : 프로브

115 : 솔더부

120 : 마찰 교반 접합 장치

121 : 접합부

122 : 접합 결합부

131 : 보수용 회전 틀

132 : 반력 회전 틀

141 : 틀 본체

142 : 프로브

145 : 솔더부

150 : 마찰 교반 접합 장치

151 : 회전 틀

152 : 반력 회전 틀

161 : 제1 틀 본체

162 : 제1 프로브 핀

165 : 제1 솔더부

166 : 제1 삽입 관통 구멍

167 : 제1 축 이동 회전 기구

171 : 제2 틀 본체

172 : 제2 프로브 핀

175 : 제2 솔더부

176 : 제2 삽입 관통 구멍

177 : 제2 축 이동 회전 기구

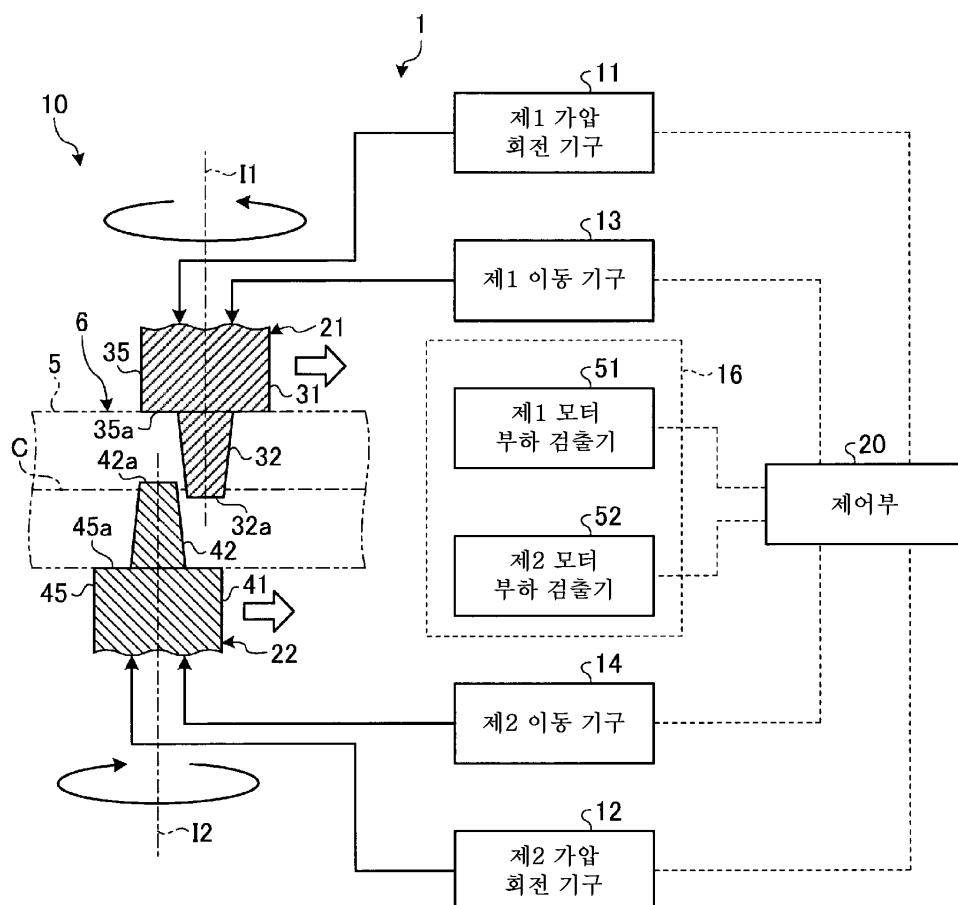
C : 라인

I1 : 제1 회전축

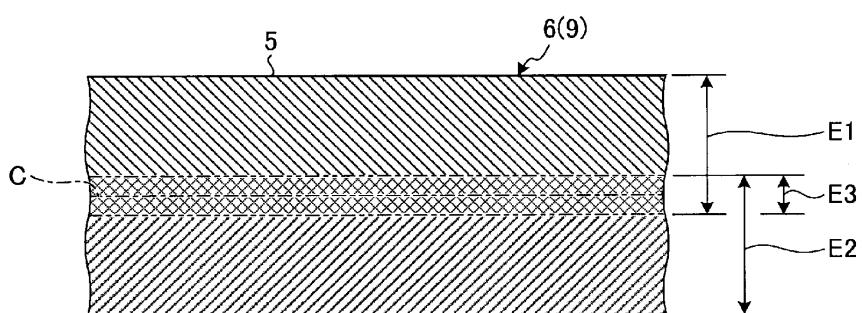
I2 : 제2 회전축

## 도면

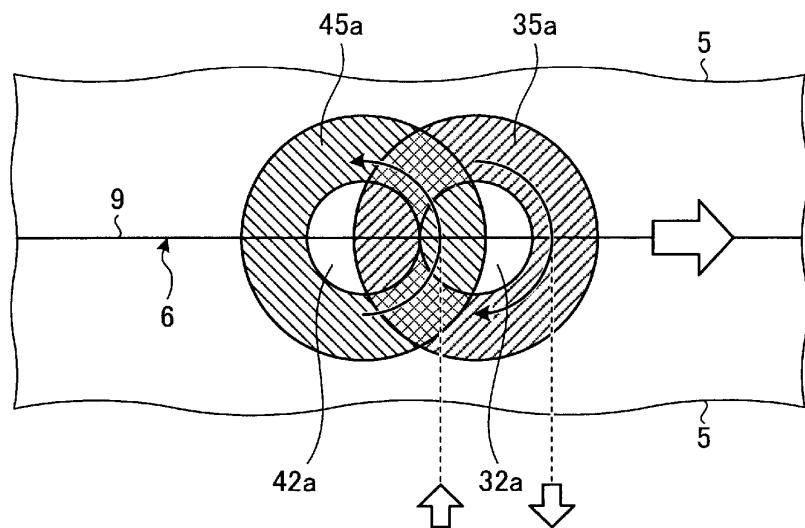
## 도면1



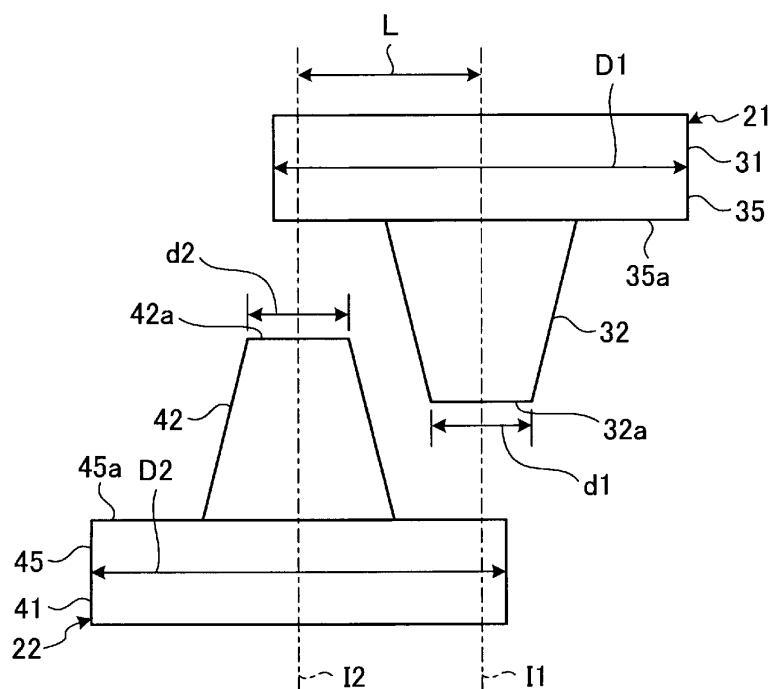
## 도면2



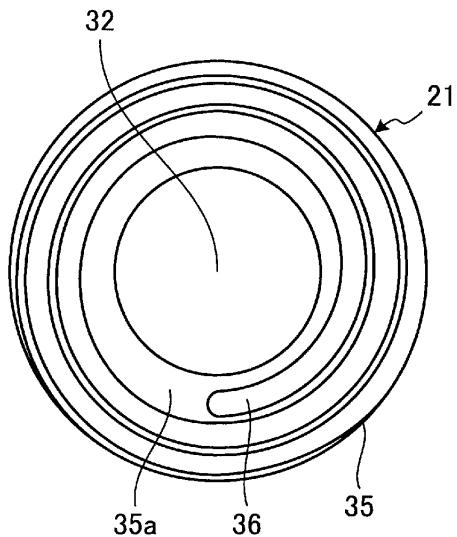
도면3



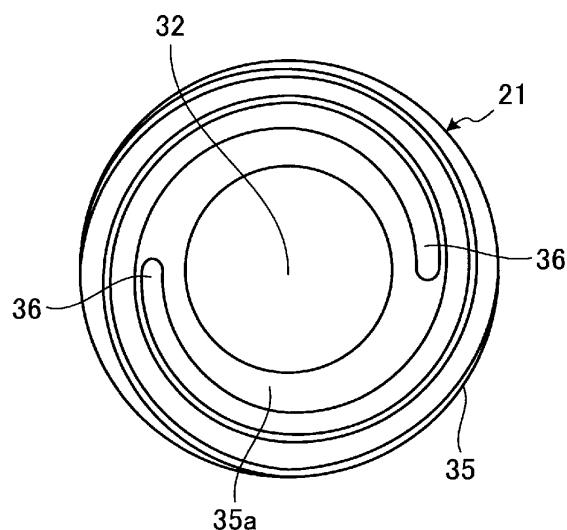
도면4



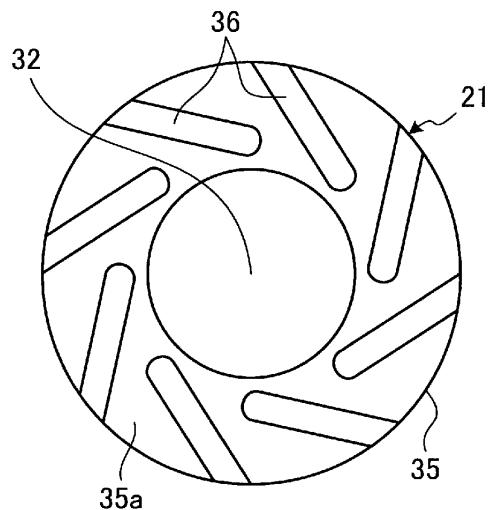
도면5



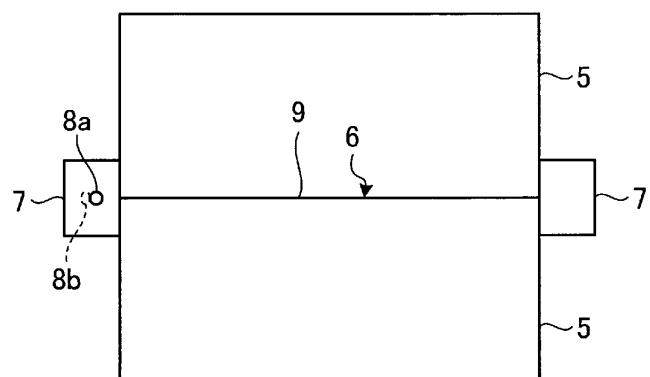
도면6



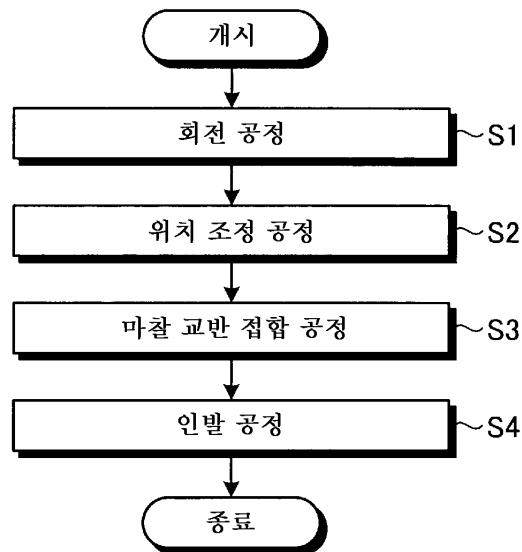
도면7



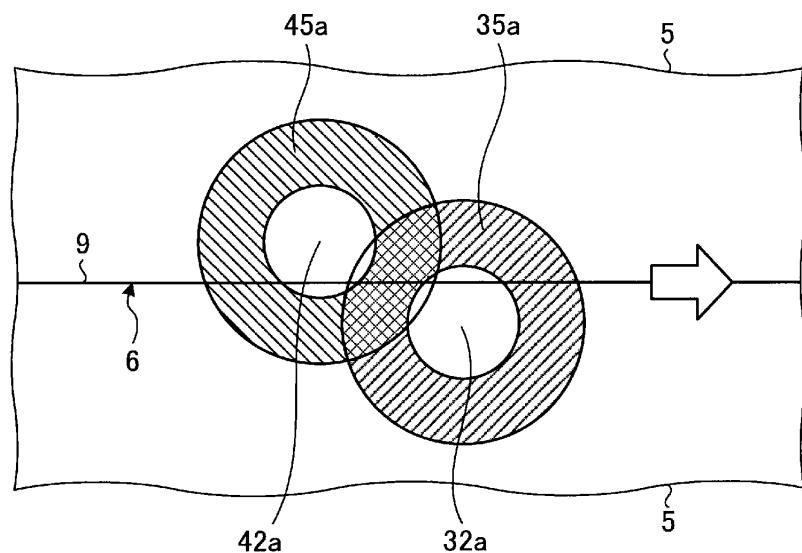
도면8



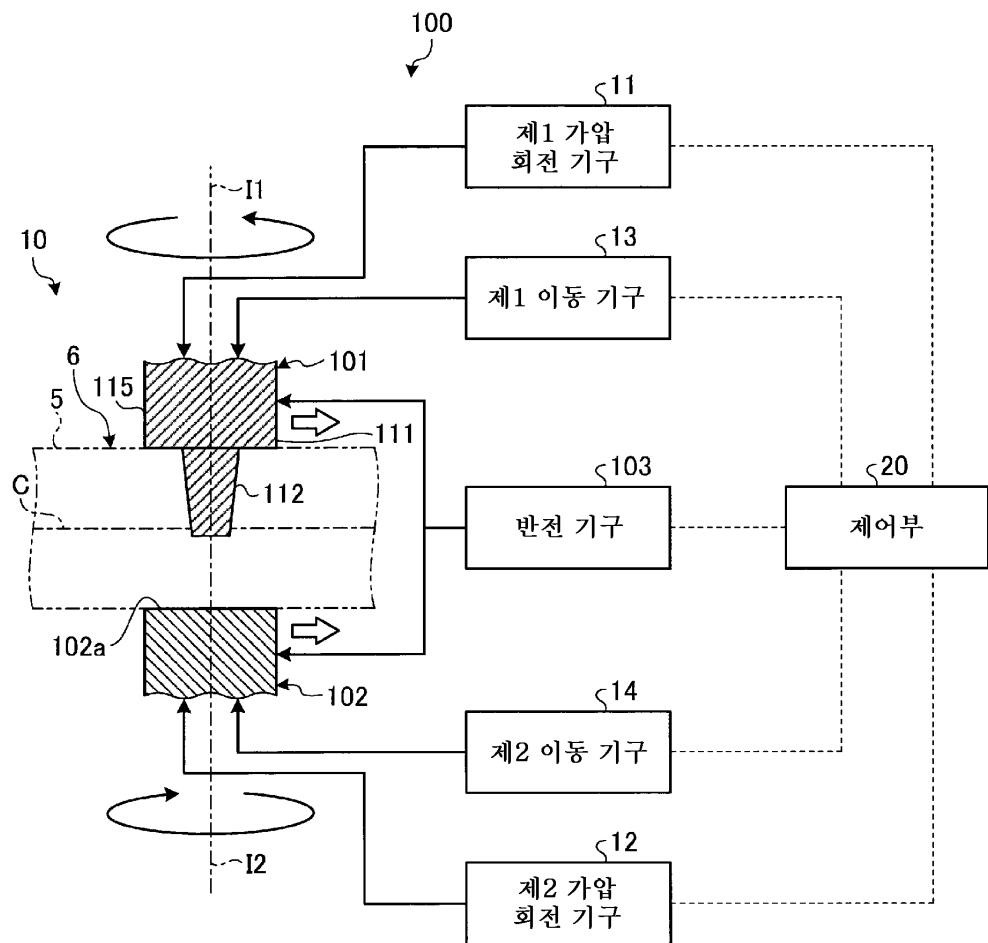
도면9



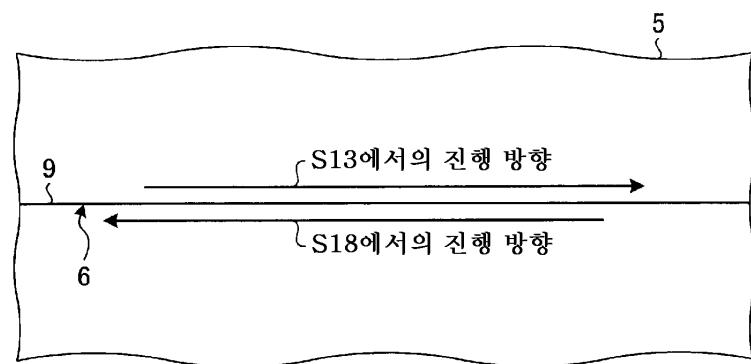
도면10



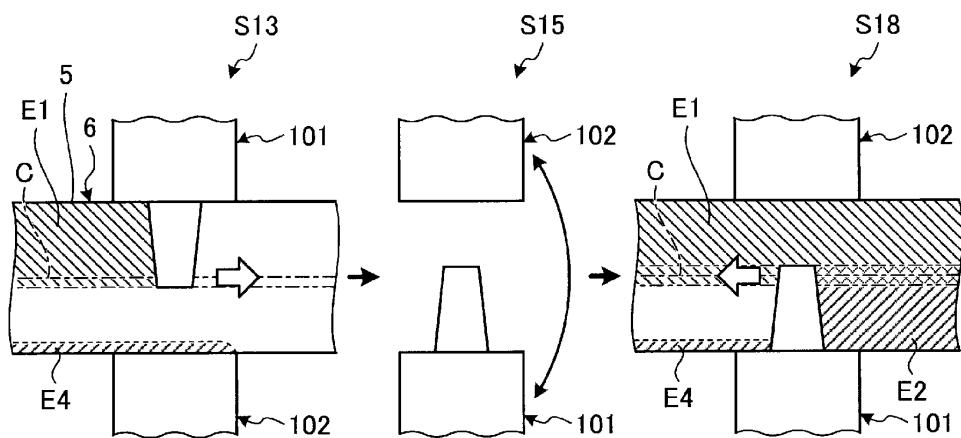
## 도면11



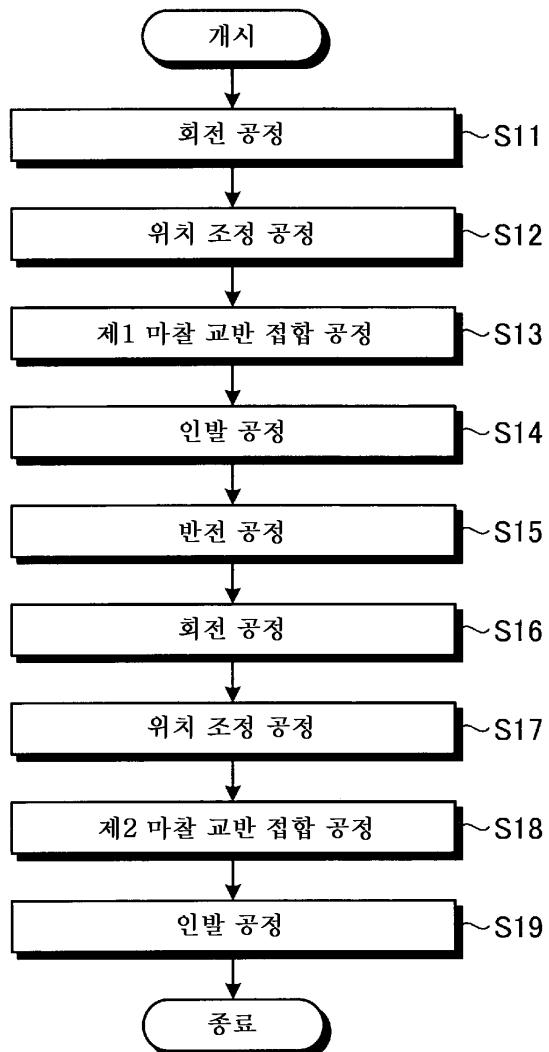
## 도면12



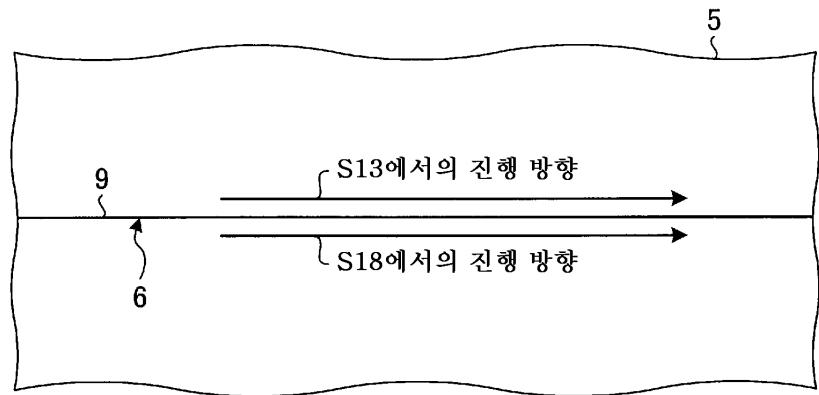
도면13



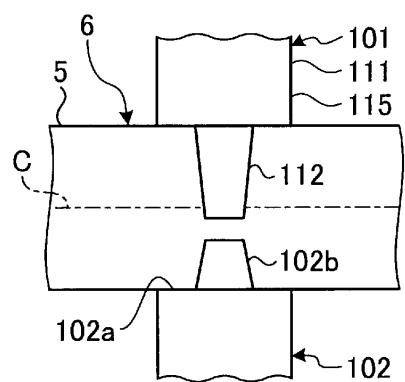
도면14



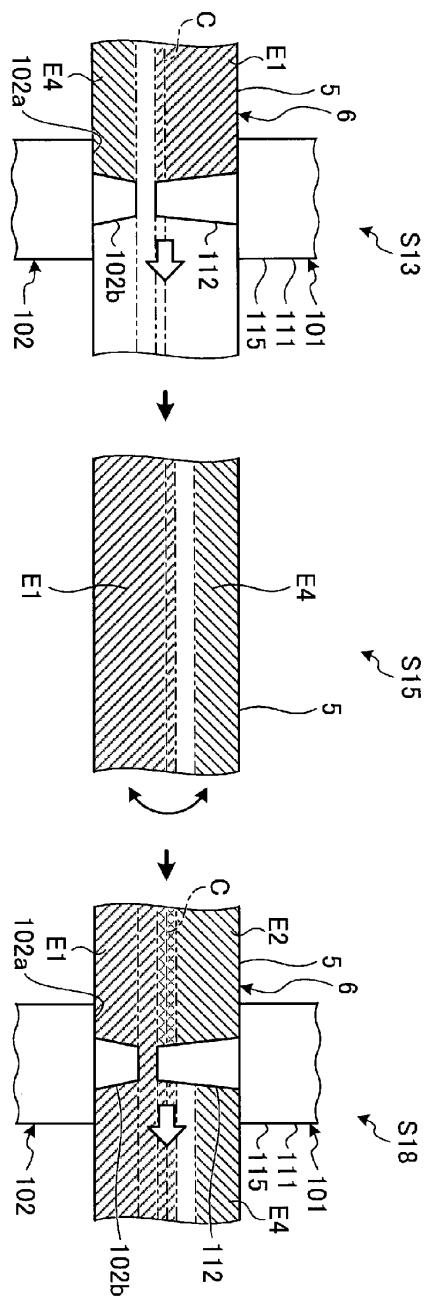
도면15



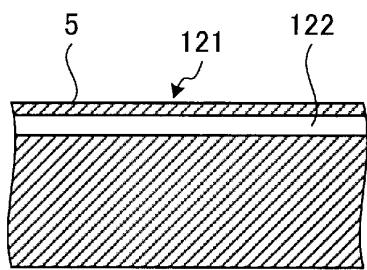
도면16



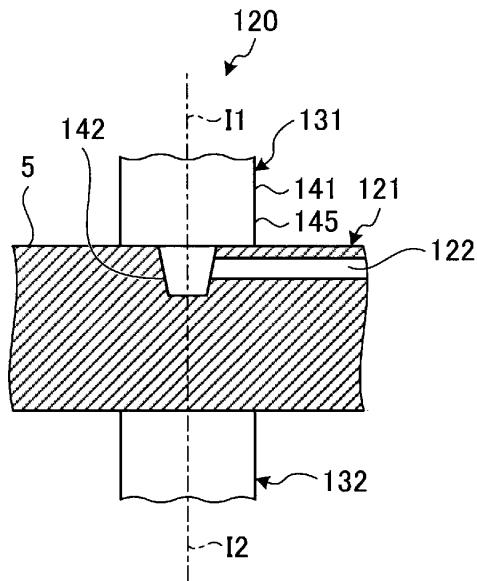
## 도면17



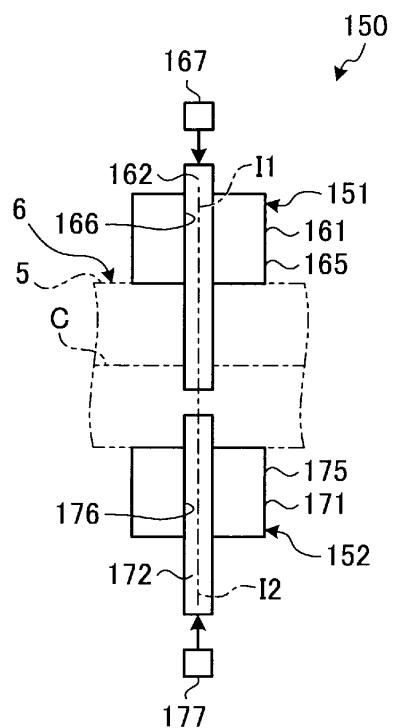
## 도면18



도면19



도면20



도면21

