



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월28일  
 (11) 등록번호 10-1731750  
 (24) 등록일자 2017년04월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B23K 26/03* (2014.01) *B23K 26/08* (2014.01)  
*B23K 26/22* (2014.01) *B23K 31/12* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*B23K 26/032* (2013.01)  
*B23K 26/082* (2015.10)
- (21) 출원번호 10-2015-7026788
- (22) 출원일자(국제) 2014년03월28일  
 심사청구일자 2015년09월25일
- (85) 번역문제출일자 2015년09월25일
- (65) 공개번호 10-2015-0119961
- (43) 공개일자 2015년10월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2014/000451
- (87) 국제공개번호 WO 2014/155191  
 국제공개일자 2014년10월02일

(30) 우선권주장  
 JP-P-2013-073202 2013년03월29일 일본(JP)

- (56) 선행기술조사문현  
 US20040032597 A1  
 JP2000153379 A  
 JP2005238323 A  
 JP2008055442 A

전체 청구항 수 : 총 6 항

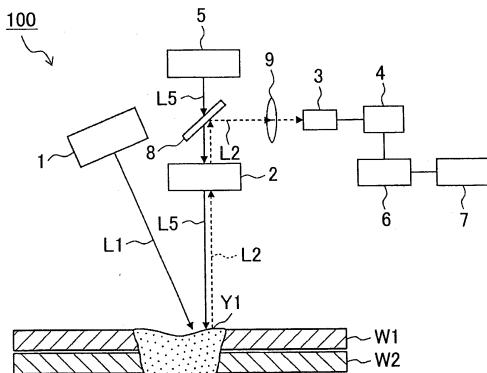
심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 용접부 검사 장치와 그 검사 방법

**(57) 요약**

워크피스 (W1, W2)에서 설정된 용접 궤적 (C11, C12)를 따라 용접용 레이저 빔 (L1)을 조사하거나, 또는 용접 용 레이저 빔 (L1)의 조사에 의해서 용융된 워크피스 (W1, W2)의 용융지 (Y1)에서 설정된 주사 궤적 (C51, C52)를 따라 검사용 레이저 빔 (L5)을 조사해, 워크피스의 용융지 (Y1)로부터의 반사광, 워크피스의 용융 및 증발에 의해서 생기는 증기 발광, 및 워크피스의 용융지 (Y1)로부터 방사되는 열방사광을 포함한 귀환 광빔 (L2)를 수광하고, 이렇게 수광된 귀환 광빔 (L2)의 강도 변화에 기초해 워크피스의 용접 상태를 검사한다.

**대 표 도 - 도1**



(52) CPC특허분류

B23K 26/22 (2013.01)

B23K 31/125 (2013.01)

(72) 발명자

**우치다 게이스케**

일본국 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1반지 도요타  
지도사 (주) 나이

**시바타 요시노리**

일본국 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1반지 도요타  
지도사 (주) 나이

**가와키타 아츠시**

일본국 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1반지 도요타  
지도사 (주) 나이

---

**기시 히로아키**

일본국 아이치肯 도요타시 도요타쵸 1반지 도요타  
지도사 (주) 나이

**아카마츠 에이지**

일본국 후쿠오카겐 기타큐슈시 야하타니시쿠 구로  
사키시로이시 2반 1고 가부시키가이샤 야스카와텐  
키 나이

**이와모토 유타**

일본국 아이치肯 도요타시 도요타쵸 1반지 도요타  
지도사 (주) 나이

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

복수의 워크피스 (W1, W2) 를 용접할 때에 형성되는 용접부의 용접 상태를 검사하는 용접부 검사 장치로서,

상기 워크피스 (W1, W2) 를 용접하기 위해 상기 워크피스 (W1, W2) 에서 설정된 용접 궤적 (C11) 을 따라 용접 용 레이저 빔 (L1) 을 조사하거나, 또는 상기 용접용 레이저 빔 (L1) 에 의해서 용융된 상기 워크피스 (W1, W2) 의 용융지 (molten pool; Y1) 에서 설정된 주사 궤적 (C51) 을 따라 검사용 레이저 빔 (L5) 을 조사하는 조사부;

상기 조사부에 의해서 조사된 상기 용접용 레이저 빔 (L1) 또는 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 의 반사광으로서, 상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용융지 (Y1)로부터 반사된, 상기 반사광, 상기 워크피스 (W1, W2) 의 용융 및 증발에 의하여 생기는 증기 발광, 및 상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용융지 (Y1)로부터 방사되는 열방사광 중의 적어도 하나를 포함한 귀환 광빔을 수광하는 수광부 (2); 및

상기 용접용 레이저 빔 (L1) 을 상기 용접 궤적 (C11) 을 따라 조사했을 때 또는 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 을 상기 주사 궤적 (C51) 을 따라 조사했을 때에 상기 수광부 (2) 에 의해서 수광되는 상기 귀환 광빔의 강도 변화에 기초하여 상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용접부의 상기 용접 상태를 검사하는 검사부 (6) 를 포함하고,

상기 조사부는 동일한 용접 궤적 (C11) 을 따라 상기 용접용 레이저 빔 (L1) 을 여러 차례 조사하거나, 또는, 동일한 주사 궤적 (C51) 을 따라 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 을 여러 차례 조사하고;

상기 검사부 (6) 는 상기 용접용 레이저 빔 (L1) 을 상기 동일한 용접 궤적 (C11) 을 따라 조사했을 때 또는 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 을 상기 동일한 주사 궤적 (C51) 을 따라 조사했을 때의 상기 귀환 광빔의 강도 변화의 주기성에 기초하여 상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용접부의 상기 용접 상태를 검사하는 것을 특징으로 하는 용접부 검사 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 용접용 레이저 빔 (L1) 을 상기 동일한 용접 궤적 (C11) 을 따라 조사할 때의 상기 용접용 레이저 빔 (L1) 의 주사 주기, 또는 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 을 상기 동일한 주사 궤적 (C51) 을 따라 조사할 때의 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 의 주사 주기는 상기 용접부의 상기 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는 상기 귀환 광빔의 강도 변화의 고유 주기와 동일한 것을 특징으로 하는 용접부 검사 장치.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 검사부 (6) 는 상기 귀환 광빔의 강도를 푸리에 변환 또는 미분하여, 상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용접부의 상기 용접 상태를 검사하는, 용접부 검사 장치.

#### 청구항 4

복수의 워크피스 (W1, W2) 를 용접할 때에 형성되는 용접부의 용접 상태를 검사하는 용접부 검사 방법으로서,

상기 워크피스 (W1, W2) 를 용접하기 위해 상기 워크피스 (W1, W2) 에서 설정된 용접 궤적 (C11) 을 따라 용접 용 레이저 빔 (L1) 을 조사하거나, 또는 상기 용접용 레이저 빔 (L1) 에 의해서 용융된 상기 워크피스 (W1, W2) 의 용융지 (molten pool; Y1) 에서 설정된 주사 궤적 (C51) 을 따라 검사용 레이저 빔 (L5) 을 조사하는 단계;

상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용융지 (Y1)로부터 반사되는, 상기 용접용 레이저 빔 (L1) 또는 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 의 반사광, 상기 워크피스 (W1, W2) 의 용융 및 증발에 의하여 생기는 증기 발광, 및 상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용융지 (Y1)로부터 방사되는 열방사광 중의 적어도 하나를 포함한 귀환 광빔을 수광하

는 단계; 및

상기 용접용 레이저 빔 (L1) 을 상기 용접 궤적 (C11) 을 따라 조사했을 때 또는 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 을 상기 주사 궤적 (C51) 을 따라 조사했을 때에 수광된 상기 귀환 광빔의 강도 변화에 기초하여 상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용접부의 상기 용접 상태를 검사하는 단계를 포함하고,

상기 용접용 레이저 빔 (L1) 또는 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 의 조사에 있어서, 동일한 용접 궤적 (C11) 을 따라 상기 용접용 레이저 빔 (L1) 을 여러 차례 조사하거나, 또는 동일한 주사 궤적 (C51) 을 따라 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 을 여러 차례 조사하고;

상기 용접 상태의 검사에 있어서, 상기 용접용 레이저 빔 (L1) 을 상기 동일한 용접 궤적 (C11) 을 따라 조사했을 때 또는 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 을 상기 동일한 주사 궤적 (C51) 을 따라 조사했을 때의 상기 귀환 광빔의 강도 변화의 주기성에 기초하여 상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용접부의 상기 용접 상태를 검사하는 것을 특징으로 하는 용접부 검사 방법.

## 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 용접용 레이저 빔 (L1) 또는 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 의 조사에 있어서, 상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용접부의 상기 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는 상기 귀환 광빔의 강도 변화의 고유 주기로, 상기 용접용 레이저 빔 (L1) 을 상기 동일한 용접 궤적 (C11) 을 따라 조사하거나, 또는 상기 검사용 레이저 빔 (L5) 을 상기 동일한 주사 궤적 (C51) 을 따라 조사하는 것을 특징으로 하는 용접부 검사 방법.

## 청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 용접 상태의 검사에 있어서, 상기 귀환 광빔의 강도를 푸리에 변환 또는 미분하여 상기 워크피스 (W1, W2) 의 상기 용접부의 상기 용접 상태를 검사하는 것을 특징으로 하는 용접부 검사 방법.

## 청구항 7

삭제

## 청구항 8

삭제

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001]

본 발명은 용접부 검사 장치와 그 검사 방법에 관한 것이고, 예를 들어 레이저 빔으로 복수의 워크피스를 용접할 때에 형성되는 용접부의 용접 상태를 검사하는 검사 장치와 그 검사 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

종래부터, 예를 들어 2매의 강판을 서로 겹쳐놓고 레이저 빔 용접할 때에, 그 레이저 빔 용접에 의해서 형성되는 용접부의 품질 평가가 이루어지고 있다. 이러한 레이저 빔 용접에 의해 형성되는 용접부의 품질 평가의 일례로서, 일본 공개특허공보 2008-87056호 (JP 2008-87056 A)에는, 레이저 빔의 반사광을 이용해 레이저 빔 용접의 품질 평가를 수행하는 기술이 개시되고 있다.

[0003]

JP 2008-87056 A 에 개시되고 있는 레이저 빔 용접 품질 판정 시스템에서는, 레이저 토치로부터 예를 들면 YAG 레이저를 조사하고, 제 1 수광 출력 수단에 의해서 레이저 반사광을 용접 진행 방향의 전방 기울기 상방으로부터 수광한다. 또한, 제 2 수광 출력 수단에 의해서 중기 발광 (플룸) 및 레이저 반사광을 포함한 용접 광을 레이저 빔의 조사 방향과 동축 방향으로 수광한다. 소정의 2 방향에서 동시에 수광된 레이저 반사광과 용접 광을 이들의 각각의 강도에 따른 전기 신호로 변환한다. 이 시스템은 전기 신호의 신호 강도 또는 그의 변화에 기초해 용접 품질을 판정한다.

[0004] JP 2008-87056 A에 개시되고 있는 레이저 빔 용접 품질 판정 시스템에 의하면, 서로 상이한 소정의 2 방향에서 레이저 반사광과 용접 광을 동시에 수광해, 각각의 수광 신호 강도와 적당하게 설정된 임계값을 비교한다. 이에 의해, 강판간의 틈새를 메우기 위해서 용접 비드가 우뚝해지는 용접 수축 (언더 필); 강판간의 틈새가 과대하기 때문에 상하의 강판들이 접합하지 않는 미접합 용접; 마찬가지로, 강판간의 틈새가 과대하기 때문에 비드가 함몰되는 함몰된 용접; 및 열 밸런스의 변동으로 인해 돌발적으로 비드가 없어지는 용융 용접; 및 천공된 용접 등의 다양한 형태의 용접 불량 중 어느 하나가 생겨 있는 것을 판정할 수 있다.

[0005] 그렇지만, 특허문헌 1에 개시되고 있는 레이저 빔 용접 품질 판정 시스템에 있어서는, 예를 들어 레이저 토치와 워크피스 (강판) 이 이간하고 있는 경우에, 수광된 레이저 반사광 및 용접 광으로부터 얻어지는 전기 신호가 미약해진다. 그 때문에, 용접 불량의 판정 정밀도가 저하될 수도 있다. 특히, 레이저 빔 용접 시에 비드가 함몰하는 함몰된 용접에 있어서는 용접 불량으로 인해 야기되는 전기 신호의 변화가 작아진다. 이것은, 워크피스의 용접 불량을 정밀하게 검출할 수 없는 그러한 경우를 야기할 수도 있다. 또한, 워크피스의 용융 및 증발에 의해서 생기는 증기 발광 및 워크피스의 용융지 (molten pool)로부터 방사되는 열방사광은 워크피스 온도에 따라 변화하고, 수광된 레이저 반사광 및 용접 광으로부터 얻어지는 전기 신호 및 레이저 빔 용접 품질을 판정하기 위한 임계값이 워크피스 온도에 따라 변화하는 것이 알려져 있다. 이 때문에, 레이저 빔 용접 시의 워크피스 온도의 변동이 큰 경우에는, 워크피스의 용접 불량의 판정 정밀도가 추가로 저하될 수도 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 레이저 토치와 워크피스를 이간해 용접하는 원격 용접에 있어서, 워크피스의 용접부의 용접 상태를 정밀하게 검사할 수 있는 용접부 검사 장치와 그 검사 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 제 1 양태는, 복수의 워크피스를 용접할 때에 형성되는 용접부의 용접 상태를 검사하는 용접부 검사 장치에 관한 것이다. 본 용접부 검사 장치는, 워크피스를 용접하기 위해 상기 워크피스에서 설정된 용접 궤적을 따라 용접용 레이저 빔을 조사하거나, 또는, 용접용 레이저 빔에 의해서 용융된 워크피스의 용융지에서 설정된 주사 궤적을 따라 검사용 레이저 빔을 조사하는 조사부; 상기 조사부에 의해서 조사된 용접용 레이저 빔 또는 검사용 레이저 빔의 반사광으로서, 워크피스의 용융지로부터 반사되는, 상기 반사광, 워크피스의 용융 및 증발에 의해서 생기는 증기 발광, 및 워크피스의 용융지로부터 방사되는 열방사광 중의 적어도 하나를 포함한 귀환 광빔을 수광하는 수광부; 및 상기 용접용 레이저 빔을 용접 궤적을 따라 조사했을 때 또는 상기 검사용 레이저 빔을 주사 궤적을 따라 조사했을 때에 상기 수광부에 의해서 수광되는 귀환 광빔의 강도 변화에 기초하여 상기 워크피스의 용접부의 용접 상태를 검사하는 검사부를 구비한다.

[0008] 상기 양태에 따르면, 용접용 레이저 빔을 용접 궤적을 따라 조사했을 때 또는 검사용 레이저 빔을 주사 궤적을 따라 조사했을 때에 수광부에 의해 수광되는 귀환 광빔의 강도 변화에 기초하여 워크피스의 용접부의 용접 상태를 검사한다. 따라서, 예를 들어 조사부와 워크피스를 이간해 용접하는 원격 용접의 경우에 있어서, 수광부에 의해 수광되는 귀환 광빔으로부터 얻어지는 전기 신호가 미약한 경우나, 또는 수광부에 의해 수광되는 귀환 광빔의 강도가 워크피스 온도의 변화에 따라 변화하는 경우라도, 워크피스에서 형성된 용접부의 용접 상태를 정밀하게 검사할 수 있다.

[0009] 또, 상기 양태에서, 상기 조사부가, 동일한 용접 궤적을 따라 용접용 레이저 빔을 여러 차례 조사하거나, 또는, 동일한 주사 궤적을 따라 검사용 레이저 빔을 여러 차례 조사할 수도 있다. 상기 검사부가, 상기 용접용 레이저 빔을 상기 동일한 용접 궤적을 따라 조사했을 때 또는 상기 검사용 레이저 빔을 상기 동일한 주사 궤적을 따라 조사했을 때의 상기 귀환 광빔의 강도 변화의 주기성에 기초하여 상기 워크피스의 용접부의 용접 상태를 검사할 수도 있다.

[0010] 상기 양태에 의하면, 용접용 레이저 빔을 동일한 용접 궤적을 따라 여러 차례 조사했을 때 또는 검사용 레이저 빔을 동일한 주사 궤적을 따라 여러 차례 조사했을 때의 귀환 광빔의 강도 변화의 주기성에 기초하여 워크피스의 용접부의 용접 상태를 검사한다. 따라서, 용접용 레이저 빔을 용접 궤적을 따라 1회 조사했을 때 또는 검사용 레이저 빔을 주사 궤적을 따라 1회 조사했을 때의 귀환 광빔으로부터 얻어지는 전기 신호가 미약하거나 또는 귀환 광빔으로부터 얻어지는 전기 신호가 노이즈를 포함한 경우라도, 당해 귀환 광빔에 포함되는 노이즈 등에 의한 검사 정밀도의 저하를 억제할 수 있다. 결과적으로, 용접부의 용접 상태의 검사 정밀도를 향상시

킬 수 있다.

[0011] 또, 상기 양태에서, 상기 용접용 레이저 빔을 상기 동일한 용접 궤적을 따라 조사할 때의 상기 용접용 레이저 빔의 주사 주기, 또는, 상기 검사용 레이저 빔을 상기 동일한 주사 궤적을 따라 조사할 때의 상기 검사용 레이저 빔의 주사 주기는, 용접부의 용접 상태가 정상적일 때 얻어지는 상기 귀환 광빔의 강도 변화의 고유 주기와 동일할 수도 있다.

[0012] 용접용 레이저 빔의 조사에 의해서 워크피스에 형성되는 용융지의 액면은 용융지의 고유 주파수와 같은 주파수에서 진동한다. 그러므로, 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우라도, 수광부에 의해 수광되는 귀환 광빔의 강도는 주기적으로 변화한다. 상기 양태에 의하면, 용접용 레이저 빔이나 검사용 레이저 빔의 주사 주기는, 용접부의 용접 상태가 정상적인 때에 얻어지는 귀환 광빔의 강도 변화의 고유 주기와 동일하다. 따라서, 수광부에 의해 수광되는 귀환 광빔의 강도 변화로부터 용접용 레이저 빔의 조사로 인해 야기되는 귀환 광빔의 주기적인 강도 변화를 간편하게 특정할 수 있어, 용접 불량으로 인해 야기되는 귀환 광빔의 강도 변화를 정밀하게 특정할 수 있다. 이것은, 워크피스의 용접부의 용접 상태의 검사 정밀도를 더 높이는 것을 가능하게 한다.

[0013] 덧붙여 용접용 레이저 빔이나 검사용 레이저 빔의 주사 주기란, 용접용 레이저 빔을 동일한 용접 궤적을 따라 여러 차례 조사하는 경우 또는 검사용 레이저 빔을 동일한 주사 궤적을 따라 여러 차례 조사하는 경우에, 용접 용 레이저 빔 또는 검사용 레이저 빔이 소정 길이를 갖는 용접 궤적 또는 주사 궤적을 1회 주사하는 시간이다.

즉, 주사 주기는, 용접용 레이저 빔이 조사되는 용접 궤적의 길이를 용접용 레이저 빔의 주사 속도로 제산해 얻어진 시간, 혹은, 검사용 레이저 빔이 조사되는 주사 궤적의 길이를 검사용 레이저 빔의 주사 속도로 제산해 얻어진 시간이다.

[0014] 또, 상기 양태에서, 상기 검사부는, 상기 귀환 광빔의 강도를 푸리에 변환 또는 미분하여, 상기 워크피스의 용접부의 용접 상태를 조사할 수도 있다.

[0015] 상기 양태에 의하면, 용접용 레이저 빔의 조사로 인해 야기되는 주기적인 강도 변화를 포함한 귀환 광빔의 강도를 푸리에 변환 또는 미분한다. 이에 의해, 귀환 광빔의 강도 변화로부터 용접용 레이저 빔의 조사로 인해 야기되는 귀환 광빔의 주기적인 강도 변화를 간편하게 특정할 수 있어, 용접 불량으로 인해 야기되는 귀환 광빔의 강도 변화를 정밀하게 특정할 수 있다. 이것은, 워크피스의 용접부의 용접 상태의 검사 정밀도를 더욱 높이는 것을 가능하게 한다.

[0016] 또, 본 발명의 제 2 양태는, 복수의 워크피스를 용접할 때에 형성되는 용접부의 용접 상태를 조사하는 용접부 조사 방법에 관한 것이다. 본 용접부 조사 방법은, 워크피스를 용접하기 위해 상기 워크피스에서 설정된 용접 궤적을 따라 용접용 레이저 빔을 조사하거나, 또는 용접용 레이저 빔에 의해서 용융된 워크피스의 용융지에서 설정된 주사 궤적을 따라 검사용 레이저 빔을 조사하는 단계; 워크피스의 용융지로부터 반사되는, 상기 용접 용 레이저 빔 또는 검사용 레이저 빔의 반사광, 워크피스의 용융 및 증발에 의해서 생기는 증기 발광, 및 워크피스의 용융지로부터 방사되는 열방사광 중의 적어도 하나를 포함한 귀환 광빔을 수광하는 단계; 및 상기 용접 용 레이저 빔을 용접 궤적을 따라 조사했을 때 또는 상기 검사용 레이저 빔을 주사 궤적을 따라 조사했을 때에 수광된 귀환 광빔의 강도 변화에 기초하여 상기 워크피스의 용접부의 용접 상태를 조사하는 단계를 포함한다.

[0017] 상기 양태에 의하면, 용접용 레이저 빔을 용접 궤적을 따라 조사했을 때 또는 검사용 레이저 빔을 주사 궤적을 따라 조사했을 때에 수광된 귀환 광빔의 강도 변화에 기초하여 워크피스의 용접부의 용접 상태를 조사한다.

따라서, 예를 들어 레이저 조사부와 워크피스를 이간해 용접하는 원격 용접의 경우에 있어서, 수광된 귀환 광빔으로부터 얻어지는 전기 신호가 미약한 경우나, 또는 수광되는 귀환 광빔의 강도가 워크피스 온도의 변화에 따라 변화하는 경우라도, 워크피스에 형성된 용접부의 용접 상태를 정밀하게 조사할 수 있다.

### 발명의 효과

[0018] 이상의 설명으로부터 이해되는 바와 같이, 본 발명의 제 1 및 제 2 양태들은, 복수의 워크피스를 용접하는 경우에, 용접용 레이저 빔을 용접 궤적을 따라 조사했을 때 또는 검사용 레이저 빔을 주사 궤적을 따라 조사했을 때의 귀환 광빔의 강도 변화에 기초하여 워크피스의 용접부의 용접 상태를 조사하는 그러한 간편한 구성을 갖는다. 따라서, 귀환 광빔으로부터 얻어지는 전기 신호가 미약한 경우나 또는 귀환 광빔의 강도가 워크피스 온도의 변화에 따라 변화하는 경우라도, 워크피스의 용접부의 용접 상태를 정밀하게 조사할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0019]

본 발명의 예시적인 실시형태들의 특징, 이점 및 기술적인 그리고 산업적인 의의는 첨부 도면들을 참조하여 이하에서 설명될 것이고, 여기서 동일한 부호는 동일한 엘리먼트들을 나타내고, 여기서 도 1은 본 발명의 용접부 검사 장치의 실시 형태 1의 전체 구성을 모식적으로 나타낸 전체 구성도이다.

도 2는 도 1에 나타내는 검사 장치의 용접용 조사부로부터의 용접용 레이저 빔의 조사의 형태를 설명한 상면도이다.

도 3은 도 1에 나타내는 검사 장치의 검사용 조사부로부터의 검사용 레이저 빔의 조사의 형태를 설명한 상면도이다.

도 4는 귀환 광빔의 강도의 일례를 시계열로 나타낸 도면이다.

도 5a는 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우의 용융지와 검사용 레이저 빔의 초점의 관계를 설명한 상면도이다.

도 5b는 도 5a의 화살표 VB-VB를 따라 취해진 도면이다.

도 6a는 용접부의 용접 상태가 불량인 경우의 용융지와 검사용 레이저 빔의 초점의 관계를 설명한 상면도이다.

도 6b는 도 6a의 화살표 VIB-VIB를 따라 취해진 도면이다.

도 7은 귀환 광빔의 주파수와 진폭의 관계의 일례를 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 용접부 검사 장치의 실시 형태 2의 전체 구성을 모식적으로 나타낸 전체 구성도이다.

도 9a는 실시예 1에 따른 검사용 시료의 용접부를 확대해 나타낸 상면도이다.

도 9b는 도 9a에서 화살표 IXB-IXB를 따라 취해진 도면이다.

도 9c는 실시예 1에 따른 검사용 시료에서의 귀환 광빔의 강도를 시계열로 나타낸 도이다.

도 10a는 실시예 2에 따른 검사용 시료의 용접부를 확대해 나타낸 상면도이다.

도 10b는 도 10a의 화살표 XB-XB를 따라 취해진 도면이다.

도 10c는 실시예 2에 따른 검사용 시료에서의 귀환 광빔의 강도를 시계열로 나타낸 도이다.

도 11a는 실시예 3에 따른 검사용 시료의 용접부를 확대해 나타낸 상면도이다.

도 11b는 도 11a의 화살표 XIB-XIB를 따라 취해진 도면이다.

도 11c는 실시예 3에 따른 검사용 시료에서의 귀환 광빔의 강도를 시계열로 나타낸 도면이다.

도 12는 실시예 1~3에 따른 검사용 시료의 귀환 광빔의 주파수와 진폭의 관계를 나타낸 도면이다.

도 13은 실시예 1~3에 따른 검사용 시료의 귀환 광빔의 주파수와 진폭의 관계의 다른 예를 나타낸 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020]

이하, 도면을 참조해 본 발명의 용접부 검사 장치와 그 검사 방법의 실시 형태를 설명한다.

[0021]

[용접부 검사 장치의 실시 형태 1]

[0022]

우선, 도 1 ~ 도 3을 참조하여, 본 발명의 용접부 검사 장치의 실시 형태 1을 설명한다.

[0023]

도 1은 본 발명의 용접부 검사 장치의 실시 형태 1의 전체 구성을 모식적으로 나타낸 전체 구성도이다. 또, 도 2는 도 1에 나타내는 검사 장치의 용접용 조사부로부터의 용접용 레이저 빔의 조사의 형태를 설명한 상면도이며, 도 3은 검사 장치의 검사용 조사부로부터의 검사용 레이저 빔의 조사의 형태를 설명한 상면도이다.

[0024]

도 1에 나타내는 검사 장치 (100)은 주로, 용접용 조사부 (1), 검사용 조사부 (5), 수광부 (2), 변환부 (3), 증폭기 (4), 검사부 (6), 및 CRT (Cathode Ray Tube) (7)으로 구성되어 있다.

[0025]

용접용 조사부 (1)은 서로 겹쳐놓여지거나 혹은 약간 이간해서 배치된 2매의 워크피스 (예를 들어 강판) (W1, W2)를 용접하기 위해, 2매의 워크피스 (W1, W2)에 대해서 용접용 레이저 빔 (예를 들어 소정의 레이저 파장을 가지는 YAG 레이저) (L1)를 조사한다. 보다 구체적으로는, 용접용 조사부 (1)는 도 2에 나타낸 바처럼,

워크피스 (W1)에서 설정된 반경 (R11)를 가지는 대략 원형상의 용접 궤적 (C11)를 따라 용접용 레이저 빔 (L1)의 초점 (F1)를 여러 번 회전시켜 그 용접 궤적 (C11) 상에서 용접용 레이저 빔 (L1)를 여러 차례 조사한다. 그 다음에, 용접용 조사부 (1)는 용접용 레이저 빔 (L1)의 초점 (F1)을 용접 궤적 (C11)의 내측으로 이동시켜 반경 (R11) 보다 작은 반경 (R12)를 가지고 용접 궤적 (C11)과 동심인 대략 원형상의 용접 궤적 (C12)를 따라 용접용 레이저 빔 (L1)의 초점 (F1)를 여러 번 회전시켜 그 용접 궤적 (C12) 상에서 용접용 레이저 빔 (L1)를 여러 차례 조사한다. 이러한 용접용 레이저 빔 (L1)의 조사 공정을 반복함으로써, 워크피스 (W1, W2)에서 대략 원형상의 용접부를 형성함으로써, 워크피스 (W1, W2)를 용접 접합한다 (레이저 스크류 용접 (Laser Screw Welding)라고도 한다). 덧붙여 용접 궤적 (C11) 또는 용접 궤적 (C12)의 중심 (C0) 가, 워크피스 (W1, W2)에 형성되는 용접부의 용접 중심이 된다.

[0026] 여기서, 용접용 조사부 (1)로부터의 용접용 레이저 빔 (L1)의 조사에 의해서, 용접용 레이저 빔 (L1)의 진행 방향에서 당해 용접용 레이저 빔 (L1)의 좌우측 및 용접용 레이저 빔 (L1)의 후방에는, 워크피스 (W1, W2)가 용융된 용융지 (Y1)가 형성된다. 본 실시의 형태 1에서는, 상기한 바처럼, 대략 원형상의 용접 궤적 (C1, C2)를 따라 용접용 레이저 빔 (L1)이 조사되기 때문에, 워크피스 (W1, W2)에 대략 원형상의 용융지 (Y1)가 형성된다.

[0027] 검사용 조사부 (5)는 도 1에 나타낸 바처럼, 광학계 (8)과 수광부 (2)를 통해 용융상태의 용융지 (Y1)에 대해서 검사용 레이저 빔 (L5)을 조사한다. 보다 구체적으로는, 검사용 조사부 (5)는 도 3에 나타낸 바처럼, 용융지 (Y1)의 외연의 내측에 설정된 반경 (R51)를 가지는 대략 원형상의 주사 궤적 (C51)을 따라 검사용 레이저 빔 (L5)의 초점 (F5)을 대략 일정 속도로 여러 번 회전시켜 그 주사 궤적 (C51) 상에서 검사용 레이저 빔 (L5)를 여러 차례 조사한다. 그 다음에, 검사용 조사부 (5)는 검사용 레이저 빔 (L5)의 초점 (F5)을 주사 궤적 (C51)의 내측으로 이동시켜 반경 (R51) 보다 작은 반경 (R52)를 가지고 주사 궤적 (C51)과 동심인 대략 원형상의 주사 궤적 (C52)을 따라 검사용 레이저 빔 (L5)의 초점 (F5)를 여러 번 회전시켜 그 주사 궤적 (C52) 상에서 검사용 레이저 빔 (L5)를 여러 차례 조사한다. 이러한 검사용 레이저 빔 (L5)의 조사 공정을 반복함으로써, 검사용 조사부 (5)는 워크피스 (W1, W2)에 형성된 대략 원형상의 용융지 (Y1) 전체에 검사용 레이저 빔 (L5)를 조사한다. 덧붙여 주사 궤적 (C51, C52)의 중심은 예를 들어 상기하는 용접 궤적 (C11, C12)의 중심 (C0)으로 설정되어 있다.

[0028] 수광부 (2)는 도 1에 나타낸 바처럼, 검사용 조사부 (5)로부터 용융지 (Y1)에 대해서 검사용 레이저 빔 (L5)를 조사하면서, 워크피스 (W1, W2)의 용융지 (Y1)로부터 반사되는, 검사용 레이저 빔 (L5)의 반사광, 워크피스 (W1, W2)의 용융 및 증발에 의해서 생기는 증기 발광 (플라즈마 광), 워크피스 (W1, W2)의 용융지 (Y1)로부터 방사되는 열방사광 (적외광) 등을 포함한 귀환 광빔 (L2)을 수광한다.

[0029] 변환부 (3)는, 수광부 (2)에 의해 수광되어 광학계 (8)와 집광렌즈 (9)를 통해 집광된 귀환 광빔 (L2)을 전기 신호로 변환해, 그 전기 신호를 증폭기 (4)로 출력한다. 증폭기 (4)는 변환부 (3)로부터 출력된 전기 신호의 신호 강도를 증폭해 검사부 (6)로 송신한다.

[0030] 검사부 (6)는 증폭기 (4)로부터 송신된 전기 신호를 신호 처리해 워크피스 (W1, W2)에 형성되는 용접부의 용접 상태를 검사한다. 보다 구체적으로는, 검사용 조사부 (5)로부터 용융지 (Y1)에 대해서 검사용 레이저 빔 (L5)를 주사 궤적 (C51, C52)를 따라 여러 차례 조사할 때에, 검사부 (6)는 수광부 (2)에 대해서 수광되는 귀환 광빔 (L2)의 강도 변화를 검출한다. 다음으로, 검사부 (6)는 그 강도 변화의 주기성에 기초해 워크피스 (W1, W2)에 형성되는 용접부의 용접 상태를 검사한다. 또, 검사부 (6)는 증폭기 (4)로부터 송신된 전기 신호의 신호 처리 결과를 CRT (7)으로 송신한다. CRT (7)는 검사부 (6)으로부터 송신된 신호 처리 결과를 표시한다.

[0031] [용접부 검사 방법의 실시 형태 1]

[0032] 다음으로, 도 4 ~ 도 7을 참조하여, 도 1에 나타내는 용접부 검사 장치 (100)을 이용한 본 발명의 용접부 검사 방법의 실시 형태 1을 설명한다.

[0033] 도 4는 도 1에 나타내는 검사 장치 (100)의 검사부 (6)로 송신되는 귀환 광빔의 강도의 일례를 시계열로 나타낸 도이다. 또, 도 5a는 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우의 용융지와 검사용 레이저 빔의 초점의 관계를 설명한 상면도이며, 도 5b는 도 5a의 화살표 VB-VB를 따라 취한 도면이다. 또, 도 6a는 용접부의 용접 상태가 불량인 경우의 용융지와 검사용 레이저 빔의 초점의 관계를 설명한 상면도이며, 도 6b는 도 6a의 화살표 VIB-VIB를 따라 취한 도면이다. 또, 도 7은 검사부 (6)에 의해 신호 처리된 귀환 광빔의 주파수와 진폭의

관계의 일례를 나타낸 도면이다.

[0034] 도 5a 및 도 5b에 나타낸 바처럼, 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우 (워크피스 (W1, W2) 가 정상적으로 용접된 경우) 에는, 용융지 (Y1) 에서 설정된 대략 원형상의 주사 궤적 (C51) 를 따라 검사용 레이저 빔 (L5) 의 초점 (F5) 를 여러 번 회전시켜 그 주사 궤적 (C51) 상에서 검사용 레이저 빔 (L5) 를 여러 차례 조사했을 때, 워크피스 (W1, W2) 로부터 반사되는, 검사용 레이저 빔 (L5) 의 반사광, 증기 발광, 열방사광 등의 강도 변화는 상대적으로 작다고 생각된다. 그 때문에, 도 4의 파선에 나타낸 바처럼, 수광부 (2) 에 의해 수광되어 변환부 (3) 및 증폭기 (4) 를 통해 검사부 (6) 로 송신되는 귀환 광빔 (L2) 의 강도 변화는 상대적으로 작다.

[0035] 한편, 도 6a 및 도 6b에 나타낸 바처럼, 용접부의 용접 상태가 불량인 경우 (예를 들어 한쪽의 워크피스의 용접비드가 함몰하는 일편 함몰 용접의 경우) 에는, 용융지 (Y1) 에서 설정된 대략 원형상의 주사 궤적 (C51) 를 따라 검사용 레이저 빔 (L5) 의 초점 (F5) 를 여러 번 회전시켜 그 주사 궤적 (C51) 상에서 검사용 레이저 빔 (L5) 를 여러 차례 조사했을 때, 검사용 레이저 빔 (L5) 의 주사 궤적 (C51) 상에 용접 불량부 (X1) 가 존재해, 주사 궤적 (C51) 의 일부에서, 워크피스 (W1, W2) 로부터 반사되는, 검사용 레이저 빔 (L5) 의 반사광의 강도가 크게 변화한다. 이 때문에, 도 4의 실선에 나타낸 바처럼, 수광부 (2) 에 의해 수광되어 변환부 (3) 및 증폭기 (4) 를 통해 검사부 (6) 로 송신되는 귀환 광빔 (L2) 의 강도는 검사용 레이저 빔 (L5) 의 1 주사 주기 (예를 들어 검사용 레이저 빔 (L5) 가 주사 주기 (C51) 를 일주회하는 주기) 의 일부에서 변화하고, 그 검사용 레이저 빔 (L5) 의 주사 주기마다 주기적으로 변화한다.

[0036] 실시 형태 1의 검사 방법에 의하면, 이러한 귀환 광빔 (L2) 의 강도 변화의 주기성을 검사부 (6) 에 의해 검출한다. 이에 의해, 귀환 광빔 (L2) 으로부터 얻어지는 전기 신호가 미약한 경우나 또는 귀환 광빔 (L2) 의 강도가 워크피스 온도의 변화에 따라 변화하는 경우라도, 용융지 (Y1) 의 외연의 내측에 용접 불량부 (X1) 가 존재하는지 여부, 즉 워크피스 (W1, W2) 에 형성되는 용접부에 용접 불량이 발생하는지 여부를 검사할 수 있다.

특히, 본 실시 형태 1에서는, 용융지 (Y1) 에 대해서 대략 원형상의 주사 궤적 (C51, C52) 를 따라 검사용 레이저 빔 (L5) 이 조사된다. 이 때문에, 용융지 (Y1) 의 외연의 내측에 용접 중심 (C0) 로부터 편재하는 용접 불량부 (X1) 가 존재하는지 여부를 검사할 수 있거나, 혹은, 용융지 (Y1) 의 외연의 내측에 타원 형상이나 대략 다각형상 등의 비원형 형상을 갖는 용접 불량부 (X1) 가 존재하는지 여부를 검사할 수 있다.

[0037] 또, 검사부 (6) 로 송신되는 귀환 광빔 (L2) 의 강도 (도 4 참조) 를 푸리에 변환한다. 이 경우에, 도 7에 나타낸 바처럼, 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에는 특정의 주파수에서의 진폭 피크가 검출되지 않고 (도 7 중 파선 참조), 용접부의 용접 상태가 불량인 경우에는 특정의 주파수 (도 7 중, 세 개의 주파수) 에서의 진폭 피크가 검출된다 (도 7 중 실선 참조). 이와 같이, 귀환 광빔 (L2) 의 강도를 푸리에 변환함으로써, 용접부의 용접 상태의 불량으로 인해 야기되는 귀환 광빔의 강도 변화를 간편하게 검출할 수 있다. 이것은, 워크피스 (W1, W2) 에 형성되는 용접부에 용접 불량이 발생하는지 여부를 보다 정밀하게 검사할 수 있게 한다.

[0038] 여기서, 용접용 레이저 빔 (L1) 의 조사에 의해서 워크피스 (W1, W2) 에 형성되는 용융지 (Y1) 의 액면은 주기적으로 진동하고, 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우라도, 귀환 광빔 (L2) 의 강도는 주기적으로 변화하는 것이 본 발명자 등에 의해서 확인되었다. 즉, 도 7에서 진폭 피크가 검출된 주파수 중의 하나는 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는 귀환 광빔 (L2) 의 강도 변화의 고유 주파수라고 생각된다.

[0039] 이 때문에, 용융지 (Y1) 에서 설정된 대략 원형상의 주사 궤적 (C51, C52) 를 따라 검사용 레이저 빔 (L5) 를 조사할 때, 예를 들어 검사용 레이저 빔 (L5) 의 주사 속도를 조정해, 검사용 레이저 빔 (L5) 의 주사 주기 (예를 들어 검사용 레이저 빔 (L5) 이 주사 궤적 (C51) 또는 주사 궤적 (C52) 를 일주회하는 주기) 를 귀환 광빔 (L2) 의 강도 변화의 고유 주기와 일치시킨다. 이것에 의해, 예를 들어 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는, 검사부 (6) 로 송신되는 귀환 광빔 (L2) 의 강도 변화를 대략 사인 커브 형태로 할 수 있다 (도 4 중 점선). 그리고, 이 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는, 귀환 광빔 (L2) 의 강도를 푸리에 변환함으로써, 도 7에서 진폭 피크가 검출된 주파수로부터, 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는, 귀환 광빔 (L2) 의 강도 변화의 고유 주파수를 특정할 수 있다 (도 7 중 점선). 덧붙여 푸리에 변환 대신에, 귀환 광빔 (L2) 의 강도를 미분함으로써, 귀환 광빔 (L2) 의 강도 변화의 주기성을 특정할 수도 있다.

[0040] 워크피스 (W1, W2) 의 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는, 귀환 광빔 (L2) 의 강도 변화의 고유 주기에서, 검사용 레이저 빔 (L5) 를 주사 궤적 (C51, C52) 를 따라 조사할 때, 도 7에서 진폭 피크가 검출된 주파수로부터 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는, 귀환 광빔 (L2) 의 강도 변화의 고유 주파수를 특정함으로써, 예를 들어 용접부의 용접 상태의 불량으로 인해 야기되는 주파수만을 추출할 수 있다. 이 때문에, 용융지 (Y1) 의 외연의 내측에 용접 불량부 (X1) 가 존재하는지 여부, 즉 워크피스 (W1, W2) 에 형성되는

용접부에 용접 불량이 발생하는지 여부를 더욱 더 정밀하게 검사할 수 있다.

[0041] 또, 본 실시의 형태 1에 의하면, 용접용 레이저 빔 (L1)의 조사에 의해서 형성되는 용융지 (Y1)에서 설정된 주사 궤적 (C51, C52)를 따라 검사용 레이저 빔 (L5)를 조사한다. 다음으로, 검사용 레이저 빔 (L5)를 주사 궤적 (C51, C52)를 따라 조사했을 때에 수광부 (2)에 의해서 수광되는 귀환 광빔 (L2)의 강도 변화에 기초해 용접부의 용접 상태를 검사한다. 따라서, 예를 들어 용접용 레이저 빔 (L1)의 조사 조건이 변화한 경우나 또는 용접용 레이저 빔의 초점 위치와 용접 불량부 (X1)의 발생 위치가 이간하는 경우라도, 검사용 레이저 빔 (L5)의 주사 조건 (주사 궤적, 주사 속도 등)을 적당 조정할 수 있다. 이것은, 워크피스에 형성되는 용접부의 용접 상태를 정밀하게 검사할 수 있게 한다.

[0042] [용접부 검사 장치의 실시 형태 2]

[0043] 다음으로, 도 8을 참조하여, 본 발명의 용접부 검사 장치의 실시 형태 2를 설명한다.

[0044] 도 8은 본 발명의 용접부 검사 장치의 실시 형태 2의 전체 구성을 모식적으로 나타낸 전체 구성도이다. 도 8에 나타내는 실시 형태 2의 검사 장치 (100A)는 도 1에 나타내는 실시 형태 1의 검사 장치 (100)에 대해서, 용접용 조사부로부터 조사되는 용접용 레이저 빔의 반사광을 이용해 용접부의 용접 상태를 검사하는 점이 상위하다. 기타 구성은 실시 형태 1의 검사 장치 (100)와 일반적으로 같다. 따라서, 실시 형태 1과 같은 구성은 실시 형태 1과 동일한 부호를 갖고 그 상세한 설명은 생략된다.

[0045] 도시하는 검사 장치 (100A)는 주로, 용접용 조사부 (1A), 수광부 (2A), 변환부 (3A), 증폭기 (4A), 검사부 (6A), 및 CRT (7A)로 구성되어 있다.

[0046] 서로 겹쳐놓여지거나 혹은 약간 이간해서 배치된 2매의 워크피스 (W1, W2)를 용접하기 위해, 용접용 조사부 (1A)는 광학계 (8A)와 수광부 (2A)를 통해 2매의 워크피스 (W1, W2)에 대해서 용접용 레이저 빔 (L1A)를 조사한다. 용접용 조사부 (1A)로부터의 용접용 레이저 빔 (L1A)의 조사에 의해서, 용접용 레이저 빔 (L1A)의 진행 방향에서 당해 용접용 레이저 빔 (L1A)의 좌우측 및 용접용 레이저 빔 (L1A)의 후방에는, 워크피스 (W1, W2)가 용융된 용융지 (Y1)가 형성된다.

[0047] 수광부 (2A)는 용접용 조사부 (1A)로부터 조사되는 용접용 레이저광 (L1A)의 반사광으로서, 워크피스 (W1, W2)의 용융지 (Y1)로부터 반사되는, 상기 반사광, 워크피스 (W1, W2)의 용융 및 증발에 의해서 생기는 증기 발광 (플라즈마 광), 워크피스 (W1, W2)의 용융지 (Y1)로부터 방사되는 열방사광 (적외광) 등을 포함한 귀환 광빔 (L2A)을 수광한다.

[0048] 변환부 (3A)는, 수광부 (2A)에 의해 수광되어 광학계 (8A)와 집광렌즈 (9A)를 통해 집광된 귀환 광빔 (L2A)을 전기 신호로 변환해, 그 전기 신호를 증폭기 (4A)로 출력한다. 증폭기 (4A)는 변환부 (3A)로부터 출력된 전기 신호의 신호 강도를 증폭해 검사부 (6A)로 송신한다.

[0049] 검사부 (6A)는 증폭기 (4A)로부터 송신된 전기 신호를 신호 처리하고 워크피스 (W1, W2)에 형성되는 용접부의 용접 상태를 검사한다. 보다 구체적으로는, 검사부 (6A)는 용접용 조사부 (1A)로부터 용접용 레이저 빔 (L1A)를 용접 궤적을 따라 조사할 때에 수광부 (2A)에 의해서 수광되는 귀환 광빔 (L2A)의 강도 변화를 검출한다. 다음으로, 검사부 (6A)는 그 강도 변화의 주기성에 기초해 워크피스 (W1, W2)에 형성되는 용접부의 용접 상태를 검사한다. 또, 검사부 (6A)는 증폭기 (4A)로부터 송신된 전기 신호의 신호 처리 결과를 CRT (7A)로 송신한다. CRT (7A)는 검사부 (6A)로부터 송신된 신호 처리 결과를 표시한다.

[0050] 용접용 레이저 빔 (L1A)를 용접 궤적을 따라 조사할 때에 수광부 (2A)에 의해서 수광되는 귀환 광빔 (L2A)의 강도 변화는 상기하는 실시 형태 1과 같이, 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에는 상대적으로 작고, 용접부의 용접 상태가 불량인 경우에는 상대적으로 커진다. 본 실시의 형태 2에 의하면, 이러한 귀환 광빔 (L2A)의 강도 변화의 주기성을 검사부 (6A)에 의해 검출한다. 이에 의해, 예를 들어 귀환 광빔 (L2A)로부터 얻어지는 전기 신호가 미약한 경우나 또는 귀환 광빔 (L2A)의 강도가 워크피스 온도의 변화에 따라 변화하는 경우라도, 용융지 (Y1)의 외연의 내측에 용접 불량부 (X1)가 형성되는지 여부, 즉 워크피스 (W1, W2)에 형성되는 용접부에 용접 불량이 발생하는지 여부를 검사할 수 있다.

[0051] 또, 실시 형태 1과 유사하게, 워크피스 (W1, W2)의 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는, 귀환 광빔 (L2A)의 강도 변화의 고유 주기에서, 용접용 레이저 빔 (L1A)을 용접 궤적을 따라 조사한다. 따라서, 귀환 광빔 (L2A)의 강도를 푸리에 변환함으로써 진폭 피크가 검출되는 특정의 주파수로부터 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는, 귀환 광빔 (L2A)의 강도 변화의 고유 주파수를 특정가능해, 예를 들어 용접부

의 용접 상태의 불량으로 인해 야기되는 주파수만을 추출할 수 있다. 이 때문에, 용융지 (Y1) 의 외연의 내 측에 용접 불량부 (X1) 가 존재하는지 여부, 즉 워크피스 (W1, W2) 에 형성되는 용접부에 용접 불량이 발생하는지 여부를 더욱 더 정밀하게 검사할 수 있다.

[0052] 덧붙여 상기하는 실시 형태 1에서는, 검사용 레이저 빔의 주사 궤적의 중심이 용접용 레이저 빔의 용접 궤적의 중심으로 설정되는 형태에 대해서 설명했다. 하지만, 검사용 레이저 빔의 주사 궤적의 중심은 용접용 레이저 빔의 조사에 의해서 형성되는 용융지에서의 적당한 위치로 설정할 수 있다.

[0053] 또, 상술된 실시 형태에서는, 용접용 레이저 빔의 용접 궤적 및 검사용 레이저 빔의 주사 궤적이 대략 원형 형상인 실시 형태를 다루었다. 하지만, 용접용 레이저 빔의 용접 궤적 및 검사용 레이저 빔의 주사 궤적은 예를 들어 타원 형상이나 다각형상의 폐루프 형상, 소정의 길이의 곡선형 또는 직선 형상 등 일 수도 있다. 또, 용접부의 용접 불량이 발생하기 쉬운 부분을 예측할 수 있는 경우에는, 용접용 레이저 빔의 용접 궤적 및 검사용 레이저 빔의 주사 궤적은 그 부분을 통과하도록 설정하는 것이 바람직하다.

[0054] 또, 상기 실시 형태는, 소정 위치에 고정한 워크피스에 용접용 레이저 빔 및 검사용 레이저 빔을 조사하는 실시 형태에 대해서 설명했다. 하지만, 용접용 레이저 빔 및 검사용 레이저 빔의 초점 위치를 고정해 워크피스를 적당히 이동시키면서 워크피스를 레이저 빔 용접해도 괜찮다. 다르게는, 워크피스와 용접용 레이저 빔 및 검사용 레이저 빔의 초점 위치를 서로에 대해 상대적으로 이동시키면서 워크피스를 레이저 빔 용접해도 괜찮다.

[0055] [귀환 광빔의 강도 변화와 용접부의 용접 상태의 관계를 평가한 검사용 시료에 대한 실험과 그 결과]

[0056] 본 발명자 등은 용접 상태가 다른 3 종류의 검사용 시료 (실시예 1~3) 를 제작하고, 각각의 검사용 시료로부터의 귀환 광빔의 강도 측정을 실시해, 귀환 광빔의 강도 변화와 그의 용접부의 용접 상태의 관계를 평가했다.

<검사용 시료의 제작 방법과 검사용 시료로부터 귀환 광빔의 강도의 측정 방법>

[0058] 우선, 검사용 시료의 제작 방법과 검사용 시료로부터의 귀환 광빔의 강도의 측정 방법을 일반적으로 설명한다.

두께가 0.7 mm 인 SCGA440 로부터 각각 구성되는 2매의 워크피스를 서로 겹쳐놓고 반경이 약 2.2 mm 인 대략 원형 형상의 용접부를 형성되도록, 워크피스에 대해서 용접용 레이저 빔 (출력이 1000 W 이고 주사 속도가 80m/min) 을 대략 원형상의 용접 궤적을 따라 여러 차례 조사했다. 그 다음에, 용접용 레이저 빔의 조사에 의해 워크피스에 형성된 용융지를 통과하도록, 검사용 레이저 빔 (출력이 1000 W 이고 주사 속도가 80m/min) 을 반경이 약 1.5 mm 인 대략 원형 형상의 주사 궤적을 따라 6 주회 조사했다. 다음으로, 그 검사용 레이저 빔의 초점을 약 0.5 mm 만 이동시켜, 그 검사용 레이저 빔을 반경이 약 1.0 mm 인 대략 원형 형상의 주사 궤적을 따라 10 주회 조사했다. 여기서, 워크피스의 용융지로부터의 반사된, 용접용 레이저 빔의 반사광, 워크피스의 용융 및 증발에 의해서 생기는 증기 발광, 워크피스의 용융지로부터 방사되는 열방사광 등을 포함한 귀환 광빔을 수광하고, 워크피스의 용융지로부터 반사된, 검사용 레이저 빔의 반사광, 증기 발광, 열방사광 등을 포함한 귀환 광빔을 수광했다. 이렇게 수광된 귀환 광빔을 전기 신호로 변환하고 그 신호 강도를 측정했다.

덧붙여 본 실험에서는, 귀환 광빔 중 특히 워크피스의 용융 및 증발에 의해서 생기는 증기 발광 (플라즈마 광) 의 신호 강도를 측정했다.

[0059] <검사용 시료에 의한 귀환 광빔의 강도 변화와 용접부의 용접 상태의 관계를 평가한 결과>

[0060] 도 9a는 실시예 1에 따른 검사용 시료의 용접부를 확대해 나타낸 상면도이며, 도 9b는 도 9a의 화살표 IXB-IXB 를 따라 취한 도면이며, 도 9c는 실시예 1에 따른 검사용 시료에서의 귀환 광빔의 강도를 시계열로 나타낸 도이다. 또, 도 10a는 실시예 2에 따른 검사용 시료의 용접부를 확대해 나타낸 상면도이며, 도 10b는 도 10a의 화살표 XB-XB 를 따라 취한 도면이며, 도 10c는 실시예 2에 따른 검사용 시료에서의 귀환 광빔의 강도를 시계열로 나타낸 도이다. 또, 도 11a는 실시예 3에 따른 검사용 시료의 용접부를 확대해 나타낸 상면도이며, 도 11b는 도 11a의 화살표 XIB-XIB 를 따라 취한 도면이며, 도 11c는 실시예 3에 따른 검사용 시료의 귀환 광빔의 강도를 시계열로 나타낸 도이다.

[0061] 도 9a ~ 도 9c에 나타낸 바처럼, 실시예 1 (용접 상태가 정상) 의 검사용 시료에서는, 용접용 레이저 빔을 조사한 구간 R1 (0.35 ~ 약 0.41 sec), 반경이 약 1.5 mm인 주사 궤적을 따라 검사용 레이저 빔을 조사한 구간 R2 (약 0.41 ~ 약 0.46 sec), 및 반경이 약 1.0 mm인 주사 궤적을 따라 검사용 레이저 빔을 조사한 구간 R3 (약 0.46 ~ 약 0.51 sec) 에서 측정된 귀환 광빔의 강도 변화에 주기성이 확인되지 않았다.

[0062] 한편, 도 10a ~ 도 10c에 나타낸 바처럼, 실시예 2 (2매의 워크피스가 용융 및 함몰된 천공 용접 (holed weld)) 의 검사용 시료에서는, 용접용 레이저 빔을 조사한 구간 R1 및 검사용 레이저 빔을 조사한 구간 R2, R3 에서 측

정된 귀환 광빔의 강도 변화에 주기성이 확인되었다.

[0063] 또, 도 11a ~ 도 11c에 나타낸 바처럼, 실시예 3 (2매의 워크피스의 한쪽이 용융 및 함몰된 일편 합물 용접 (one-piece depressed weld) 의 검사용 시료에서는, 용접용 레이저 범을 조사한 구간 R1에서 측정된 귀환 광빔의 강도 변화에 주기성이 확인되지 않기는 했지만, 검사용 레이저 범을 조사한 구간 R2, R3에서 측정된 귀환 광빔의 강도 변화에는 주기성이 확인되었다.

[0064] 또, 도 12는 실시예 1 ~ 3의 각각에 따른 검사용 시료에 검사용 레이저 범을 조사한 구간 R2 (약 0.41 ~ 약 0.46 sec)에서 측정된 귀환 광빔의 강도를 고속 푸리에 변환했을 때의 주파수와 진폭의 관계를 나타낸 도면이다.

[0065] 도 12에 나타낸 바처럼, 실시예 1 (용접 상태가 정상)의 검사용 시료에서는, 큰 진폭 피크가 확인되지 않았다. 하지만, 실시예 2 (천공된 용접)의 검사용 시료에서는, 약 141 Hz의 정수배의 주파수에서 큰 진폭 피크가 확인되었고, 실시예 3 (일편 합물된 용접)의 검사용 시료에서는, 약 141 Hz의 주파수에서 큰 진폭 피크가 확인되었다. 덧붙여 실시예 2 및 3의 검사용 시료에서 진폭 피크가 확인된 주파수 (약 141Hz)는 주사 속도가 80 m/min인 검사용 레이저 범을 반경이 약 1.5 mm인 주사 궤적을 따라 조사했을 때의 그 검사용 레이저 범의 주사 주파수 ( $1/(1.5\text{mm} \times 2 \times 3.14 / (80000\text{mm}/60\text{sec})) \text{Hz}$ )에 일관적으로 대응하고 있다.

[0066] 이 실험 결과로부터, 용접용 레이저 범을 용접 궤적을 따라 조사했을 때 또는 검사용 레이저 범을 주사 궤적을 따라 조사했을 때에 수광되는 귀환 광빔의 강도 변화의 주기성을 검출하는 간편한 방법에 의해서, 예를 들어 워크피스 간의 틈새를 메우기 위해서 용접 비드가 우뚝해지는 용접 수축, 워크피스들이 서로 접합하지 않는 미접합 용접, 비드가 함몰하는 함몰된 용접, 열 밸런스의 변동 등으로 인해 돌발적으로 비드가 없어지는 용융된 용접, 천공된 용접 등의 용접 불량을 포함한 용접부의 용접 상태를 정밀하게 검사할 수 있다는 것이 실증되었다.

[0067] 또, 용접용 레이저 범의 조사에 의해서 워크피스에 형성되는 용융지의 액면은 주기적으로 진동하고, 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우라도, 용접용 레이저 범을 조사한 구간 R1 및 검사용 레이저 범을 조사한 구간 R2, R3에서 측정되는 귀환 광빔의 강도는 주기적으로 변화한다는 것이 본 발명자 등에 의해서 확인되었다.

[0068] 이 때문에, 본 발명자 등은 용융 상태의 워크피스의 표면장력 및 밀도, 워크피스에 형성된 용융지의 크기 및 두께 등에 기초해 용융지의 고유 주파수를 산출했다. 그 용융지의 고유 주파수로부터 산출되는 귀환 광빔의 강도 변화의 고유 주기와 검사용 레이저 범의 주사 주기가 일치하도록 그 검사용 레이저 범의 주사 속도를 조정하고, 워크피스에 대해서 검사용 레이저 범을 조사했다.

[0069] 도 13은 실시예 1 (용접 상태가 정상)의 용융지에 대해서 귀환 광빔의 강도 변화의 고유 주기에서 검사용 레이저 범을 조사하고, 구간 R2에서 측정된 귀환 광빔 (특히 워크피스의 용융지로부터 방사되는 열방사광)의 강도를 고속 푸리에 변환했을 때의 주파수와 진폭의 관계를 나타낸 도면이다.

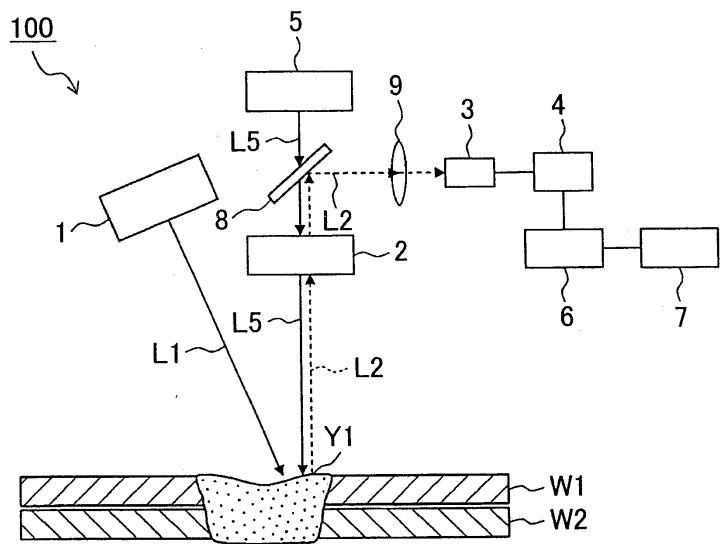
[0070] 도 13에 나타낸 바처럼, 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우라도, 구간 R2에서 측정된 귀환 광빔의 강도를 고속 푸리에 변환하면, 특정의 주파수 (약 195Hz)에서 큰 진폭 피크가 확인되었다.

[0071] 이 실험 결과로부터, 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우에 얻어지는, 귀환 광빔의 강도 변화의 고유 주기로 용접용 레이저 범 또는 검사용 레이저 범을 조사하고, 측정된 귀환 광빔의 강도를 고속 푸리에 변환할 때에, 용접부의 용접 상태가 정상적인 경우의 귀환 광빔의 강도 변화의 고유 주파수 (예를 들어 약 195Hz)를 특정할 수 있다. 결과적으로, 용접부의 용접 상태의 불량으로 인해 야기되는 주파수만을 검출할 수 있어 용접부의 용접 상태를 보다 정밀하게 검사할 수 있는 것이 실증되었다.

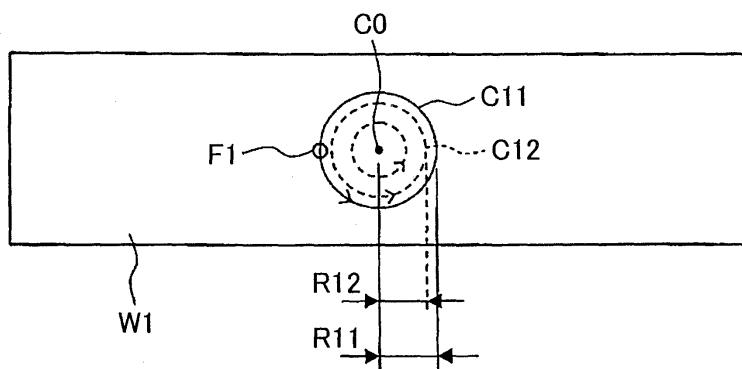
[0072] 이상, 본 발명의 실시 형태를 도면을 이용해 상술했지만, 본 발명의 구체적인 구성은 이 실시 형태에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위내의 설계변경 등이 있어도, 이들은 본 발명에 포함된다.

## 도면

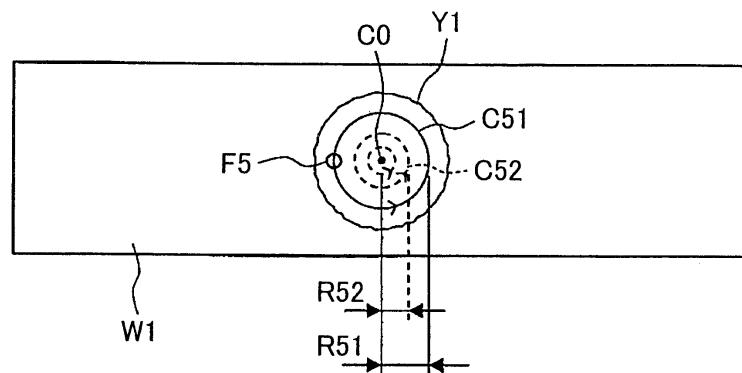
## 도면1



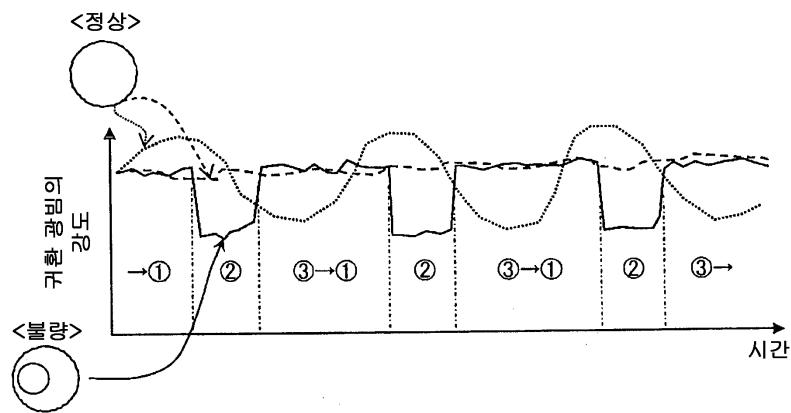
## 도면2



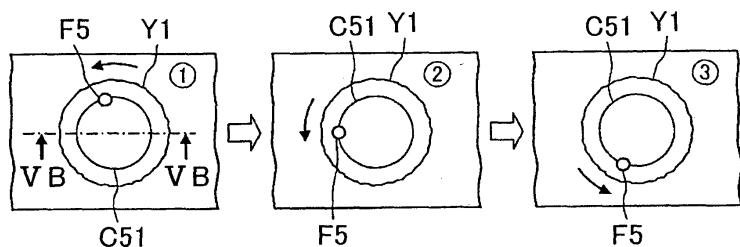
## 도면3



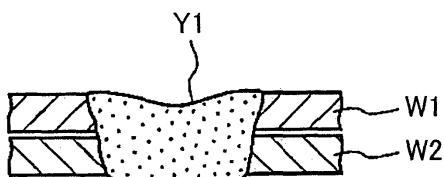
도면4



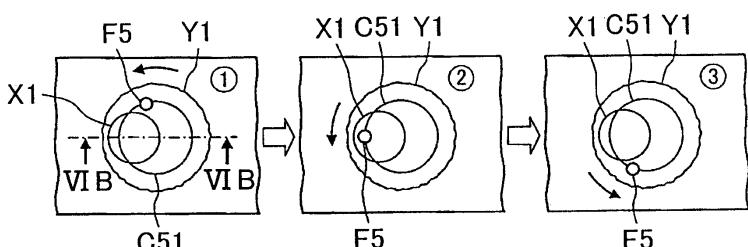
도면5a



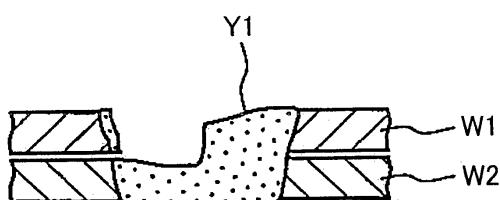
도면5b



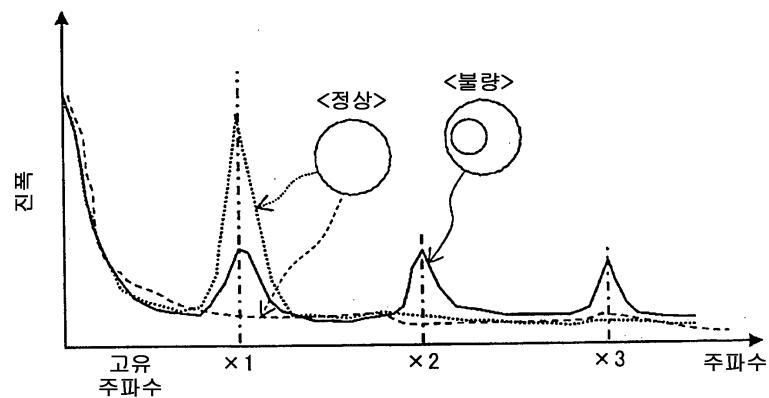
도면6a



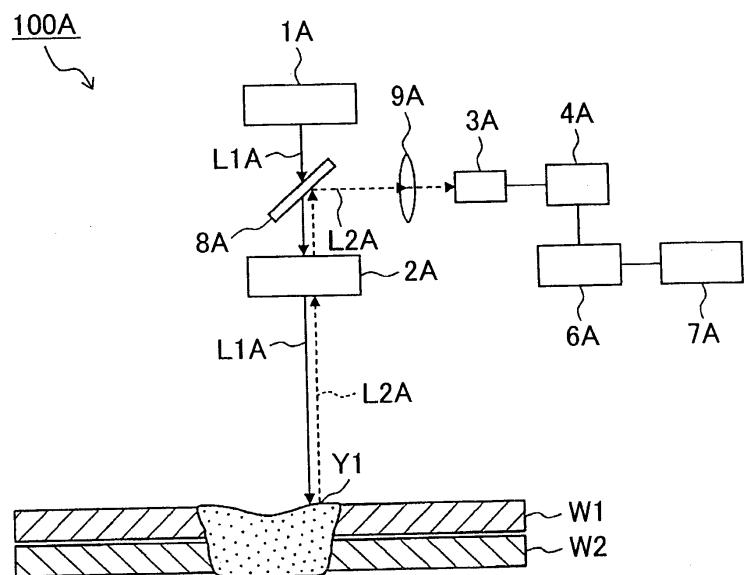
도면6b



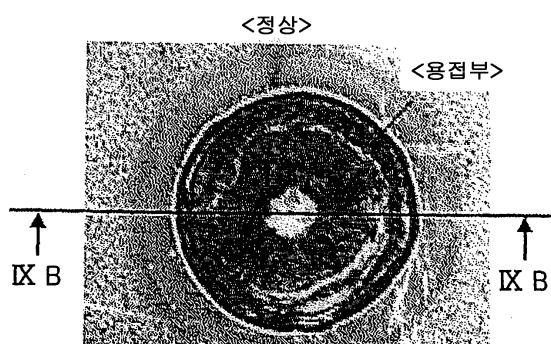
도면7



도면8



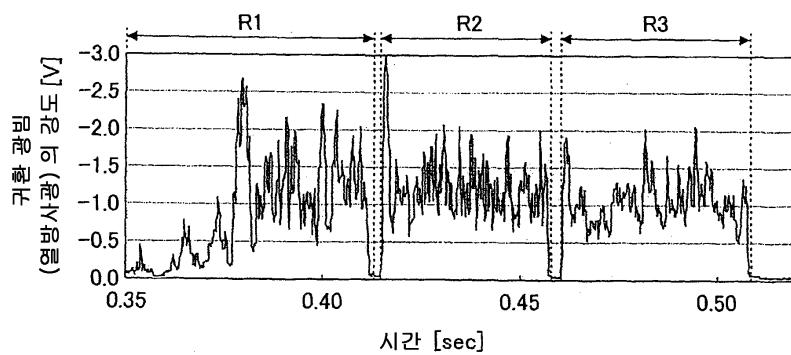
도면9a



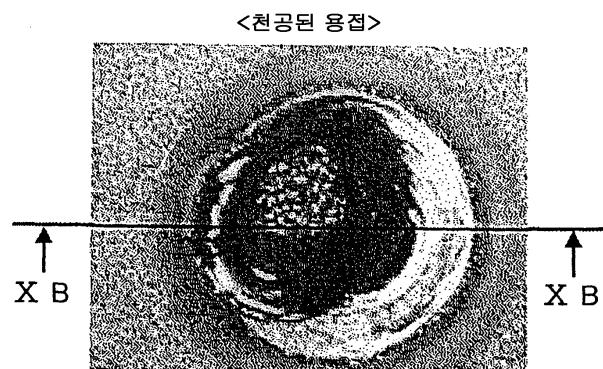
도면9b



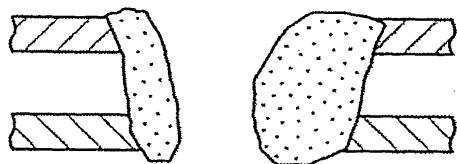
도면9c



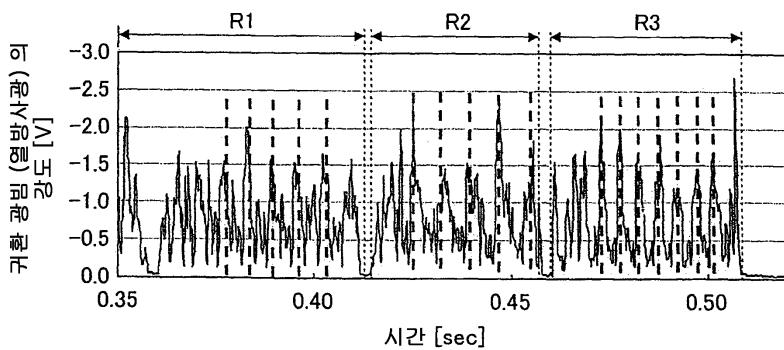
도면10a



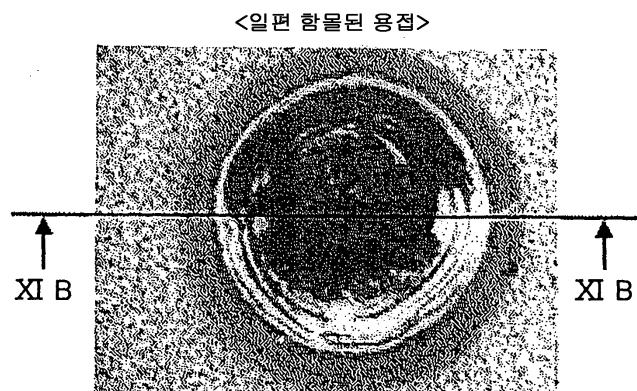
도면10b



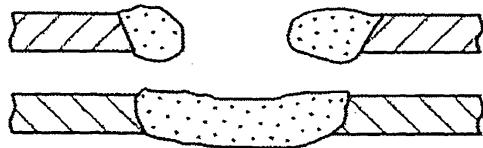
도면10c



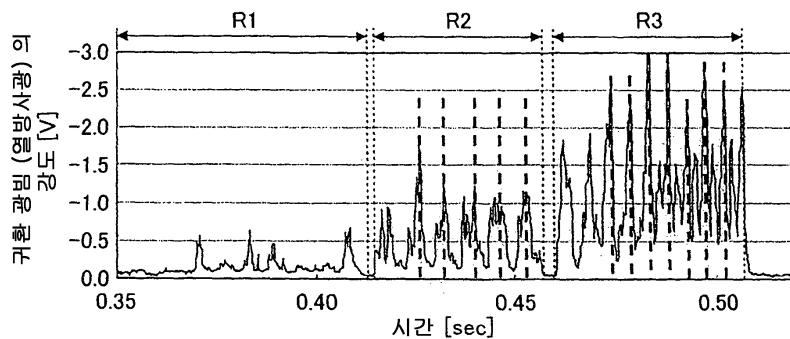
도면11a



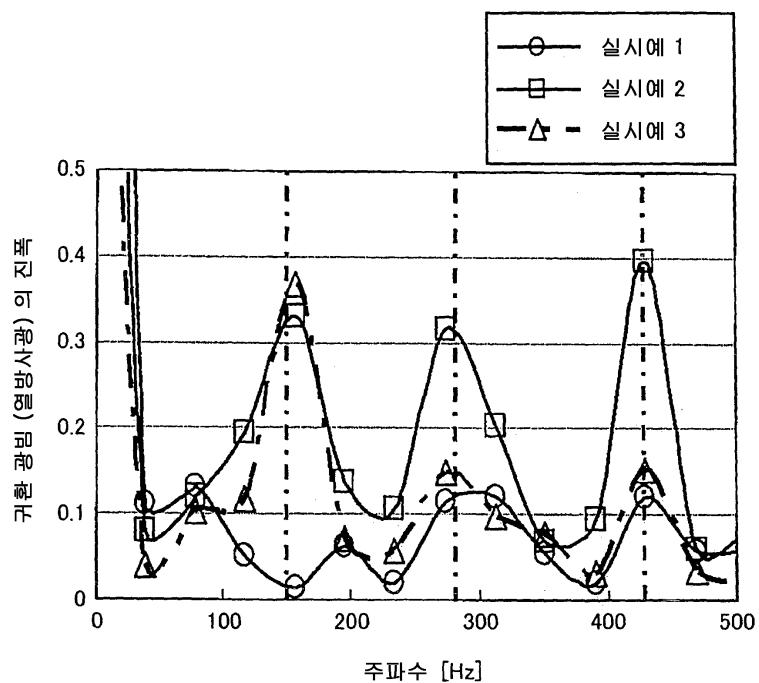
도면11b



도면11c



도면12



도면13

