



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0056833
(43) 공개일자 2024년04월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 11/11 (2006.01) B23K 11/24 (2006.01)
C22C 38/60 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 11/115 (2013.01)
B23K 11/24 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7012440
(22) 출원일자(국제) 2022년10월28일
심사청구일자 2024년04월15일
(85) 번역문제출일자 2024년04월15일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/040410
(87) 국제공개번호 WO 2023/080076
국제공개일자 2023년05월11일
(30) 우선권주장
JP-P-2021-179559 2021년11월02일 일본(JP)

(71) 출원인
제이에프이 스틸 가부시카가이샤
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고
(72) 발명자
사와니시 지카우미
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이
산부 나이
야마기시 다이키
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 지테크자이
산부 나이
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

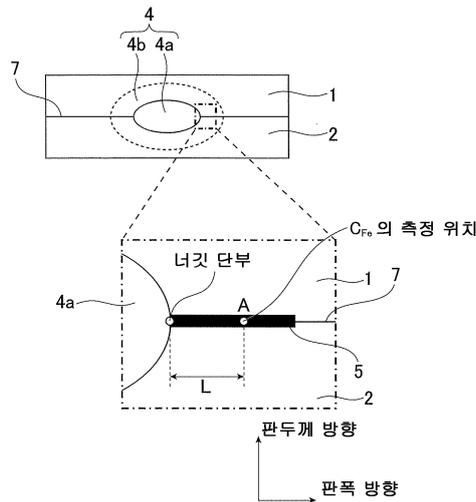
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 저항 스폿 용접 부재 및 그 저항 스폿 용접 방법

(57) 요약

저항 스폿 용접 부재 및 그 저항 스폿 용접 방법의 제공을 목적으로 한다. 본 발명의 저항 스폿 용접 부재는, 중첩한 복수의 강판 중 적어도 1 장은, 강판 표면에 Zn 계 도금층을 갖는 Zn 도금 강판이고, 중첩한 복수의 강판의 강판 사이에 형성된 Zn 합금층에 있어서의 Fe 농도를 C_{Fe} (mass%), 너깃 단부로부터 그 C_{Fe} 의 측정 위치까지의 거리를 L (μm)로 했을 때, 그 C_{Fe} 및 그 L 이, 이하의 (1) 식 및 (2) 식의 관계를 만족한다. $C_{Fe} \geq 20 \dots (1) 0 < L \leq 500 \dots (2)$

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C22C 38/60 (2013.01)

(72) 발명자

가와베 나오

일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 체이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테크자이산
부 나이

다니구치 고이치

일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 체이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테크자이산
부 나이

다카시마 가츠토시

일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 체이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테크자이산
부 나이

명세서

청구범위

청구항 1

중첩한 복수의 강관이 저항 스폿 용접된 저항 스폿 용접 부재로서,
 상기 중첩한 복수의 강관 중 적어도 1 장은, 강관 표면에 Zn 계 도금층을 갖는 Zn 도금 강관이고,
 상기 중첩한 복수의 강관의 강관 사이에 형성된 Zn 합금층에 있어서의 Fe 농도를 C_{Fe} (mass%),
 너깃 단부로부터 그 C_{Fe} 의 측정 위치까지의 거리를 L (μm)로 했을 때,
 그 C_{Fe} 및 그 L 이, 이하의 (1) 식 및 (2) 식의 관계를 만족하는, 저항 스폿 용접 부재.

$$C_{Fe} \geq 20 \dots (1)$$

$$0 < L \leq 500 \dots (2)$$

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 중첩한 복수의 강관 중, Si 함유량이 가장 큰 강관의 Si 농도를 C_{Si} (mass%)로 했을 때,
 그 C_{Si} 가, 이하의 (3) 식의 관계를 만족하는, 저항 스폿 용접 부재.

$$C_{Fe} \geq -[L \times (20 + C_{Si} \times 10)/500] + 40 + C_{Si} \times 10 \dots (3)$$

여기서, (3) 식으로 나타내는, C_{Fe} 는 중첩한 복수의 강관의 강관 사이에 형성된 Zn 합금층에 있어서의 Fe 농도 (mass%)이고, L 은 너깃 단부로부터 C_{Fe} 의 측정 위치까지의 거리 (μm)이다.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
 상기 중첩한 복수의 강관 중, 인장 강도가 가장 큰 강관의 인장 강도를 TS_{max} (MPa), 인장 강도가 가장 작은 강관의 인장 강도를 TS_{min} (MPa)으로 했을 때,
 그 TS_{max} 및 그 TS_{min} 이, 이하의 (4) 식의 관계를 만족하는, 저항 스폿 용접 부재.

$$TS_{max}/TS_{min} \geq 1.2 \dots (4)$$

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 기재된 저항 스폿 용접 부재의 저항 스폿 용접 방법으로서,
 중첩한 복수의 강관을 1 쌍의 용접 전극으로 협지하고, 가압하면서 통전하여 접합을 실시하여, 너깃을 형성하는 본통전 공정과,
 그 너깃의 형성 후에 후열 처리를 실시하는 후통전 공정을 갖고,
 상기 본통전 공정에 있어서의 전류값의 평균값을 I_m (kA), 상기 후통전 공정에 있어서의 전류값의 평균값을 I_p (kA), 상기 후통전 공정에 있어서의 통전 시간의 총합을 t_p (ms)로 했을 때,
 그 I_m , 그 I_p 및 그 t_p 가, 이하의 (5) 식의 관계를 만족하는, 저항 스폿 용접 부재의 저항 스폿 용접 방법.

$$(I_p/I_m)^2 \times t_p \geq 20 \times C_{Si} + 50 \dots (5)$$

여기서, (5) 식으로 나타내는, C_{Si} 는 중첩한 복수의 강판 중, Si 함유량이 가장 큰 강판의 Si 농도 (mass%) 이다.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 본통전 공정에서는, 적어도 1 지점의 용접 타점에 대해서는, 상기 용접 전극에 의한 가압을 실시하기 직전에, 이하의 (a) ~ (e) 중에서 선택된 1 개 또는 2 개 이상의 상태를 만족하는, 저항 스폿 용접 부재의 저항 스폿 용접 방법.

(a) 상기 용접 전극과 상기 중첩한 복수의 강판의 타각이 0.2 도 이상인 상태

(b) 1 쌍의 상기 용접 전극의 심 어긋남량이 0.1 mm 이상인 상태

(c) 어느 상기 용접 전극과 상기 중첩한 복수의 강판 사이에 간극이 0.5 mm 이상 있는 상태

(d) 상기 중첩한 복수의 강판 중, 적어도 1 세트 이상의 강판 사이에 간극이 0.5 mm 이상 있는 상태

(e) 상기 용접 타점의 중심으로부터 상기 중첩한 복수의 강판의 강판 단면까지의 최단 거리가 10 mm 이하인 상태

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 본통전 공정과 상기 후통전 공정 사이에는, 통전을 휴지하는 무통전 공정을 갖고,

또한, 상기 본통전 공정 후에, 그 무통전 공정 및 상기 후통전 공정을 2 회 이상 반복하는, 저항 스폿 용접 부재의 저항 스폿 용접 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 복수의 강판을 저항 스폿 용접한 부재에 관한 것으로, 특히, 자동차 등의 구조 부품의 부재로서 바람직한 저항 스폿 용접 부재 및 그 저항 스폿 용접 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 환경 문제의 고조로부터 CO₂ 배출 규제가 엄격화되어 있고, 자동차 분야에 있어서는 연비 향상을 위한 차체의 경량화가 과제로 되어 있다. 그 때문에 자동차 부품에 대한 고강도 강판의 적용에 의한 자동차 부품의 박육화가 진행되고 있으며, 인장 강도 (TS) 가 980 MPa 이상인 강판의 적용이 진행되고 있다.

[0003] 또, 자동차의 조립에서는, 비용이나 제조 효율의 관점에서, 프레스 성형된 자동차 부품을 저항 스폿 용접에 의해 조합하는 경우가 많다. 일반적으로, 중첩한 강판끼리의 접합에는, 겹치기 저항 용접법의 1 종인 저항 스폿 용접 방법이 사용되고 있다. 이 용접법은, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 중첩한 2 장 이상의 강판 (1, 2) 을 1 쌍의 용접 전극 (8, 9) 에 의해 사이에 두고, 그 강판의 상하측으로부터 1 쌍의 용접 전극 (8, 9) 으로 가압하면서, 상하의 용접 전극간에 고전류의 용접 전류를 단시간 통전하여 강판을 접합하는 방법이다. 또한, 도 1 에는 2 장의 강판을 중첩한 상태를 나타내고 있다. 고전류의 용접 전류를 흘림으로써 발생하는 저항 발열을 이용하여, 점상의 용접부 (4) 를 얻는다. 이 점상의 용접부 (4) 는 너깃이라고 불리고, 중첩한 강판에 전류를 흘렸을 때에 강판의 접촉 지점에서 양 강판 (1, 2) 이 용융되어, 응고된 부분이고, 이로써 강판끼리가 점상으로 접합된다.

[0004] 충돌 안전성을 확보하기 위해서, 강판의 강도를 향상시키고 함께 용접부에 있어서의 강도를 향상시키는 것이 요구된다. 저항 스폿 용접부의 강도를 평가하는 시험 방법은 여러 가지이고, 일반적인 평가 방법의 하나로서, JIS Z3136 에 규정되는 인장 전단 시험을 들 수 있다. 이것은, 용접 이음매에 대해 인장 전단 방향으로 인장 하중을 부하하여 인장 전단 강도 (이하, TSS 라고 칭한다) 를 측정하는 시험법이다.

[0005] 또, 자동차 부품에 대한 고강도 강판의 적용에 있어서, 내식성의 관점에서, 빗물에 노출되는 부위에는 아연

(Zn) 등의 방청능을 갖는 도금 강판이 사용된다. 그러나, 표면 처리 강판을 포함하는 복수의 강판을 중첩한 판 세트의 저항 스폿 용접에 있어서는, 용접부에 균열이 발생하는 경우가 있다는 문제가 있었다. 여기서, 표면 처리 강판이란, 전기 아연 도금 및 용융 아연 도금 (합금화 용융 아연 도금을 포함한다) 으로 대표되는 아연 도금이나, 아연 외에 알루미늄이나 마그네슘 등의 원소를 포함한 아연 합금 도금 등의 금속 도금층을 모재 (하지 강판) 의 표면 상에 갖는 강판을 말한다. 아연 도금이나 아연 합금 도금의 용접은, 표면 처리 강판의 모재의 용접보다 낮기 때문에 이하와 같은 문제가 있다.

[0006] 즉, 용접부의 균열은, 용접 중에 강판 표면의 저용점의 금속 도금층이 용융되어, 용접 전극의 가압력이나 강판의 열팽창, 또한 강판의 수축에 의한 인장 응력이 용접부에 가해졌을 때, 용융된 저용점 금속이 표면 처리 강판의 모재의 결정립계에 침입하여 입계 강도를 저하시켜, 균열을 일으키는, 이른바 액체 금속 취성에서 기인하는 균열이라고 생각되고 있다 (이하, 「LME 균열」 이라고 칭한다). LME 균열의 발생 위치는, 도 7 에 나타내는 바와 같은, 용접 전극 (8, 9) 과 접하는 측의 강판 (1, 2) 의 표면이나, 강판끼리가 접하는 측의 강판 (1, 2) 의 표면 등, 여러 가지이다.

[0007] 이와 같은 LME 균열의 대책으로서, 예를 들어 특허문헌 1 ~ 4 의 기술을 들 수 있다. 특허문헌 1 에서는, 판 세트인 강판의 성분 조성을 특정 범위로 하는 것, 구체적으로는, 중량% 로, C : 0.003 ~ 0.01 %, Mn : 0.05 ~ 0.5 %, P : 0.02 % 이하, sol.Al : 0.1 % 이하, Ti : $48 \times (N/14) \sim 48 \times \{(N/14) + (S/32)\}$ %, Nb : $93 \times (C/12) \sim 0.1$ %, B : 0.0005 ~ 0.003 %, N : 0.01 % 이하, Ni : 0.05 % 이하, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성으로 하는 것이 제안되어 있다.

[0008] 특허문헌 2 에서는, 이하의 조건 (1) 및 (2) 를 만족시키도록 용접 통전 시간 및 용접 통전 후의 유지 시간을 설정하여 스폿 용접을 실시하는, 고강도 도금 강판의 스폿 용접 방법이 제안되어 있다.

[0009] $0.25 \times (10 \times t + 2)/50 \leq WT \leq 0.50 \times (10 \times t + 2)/50 \cdot \cdot (1)$

[0010] $300 - 500 \times t + 250 \times t^2 \leq HT \cdot \cdot (2)$

[0011] 단, 조건 (1) 및 (2) 에 있어서, t : 판두께 (mm), WT : 용접 통전 시간 (ms), HT : 용접 통전 후의 유지 시간 (ms) 으로 한다.

[0012] 또, 특허문헌 2 에는, 강판의 판두께에 따라 통전 시간 및 통전 후의 전극의 유지 시간을 적절히 설정하고, 또한, 강판 중의 합금 원소량이 일정 이하가 되는 고강도 아연 도금 강판을 사용하여, 스폿 용접을 실시하는 것도 제안되어 있다.

[0013] 특허문헌 3 에서는, 통전 패턴을 3 단 이상의 다단 통전으로 하고, 적정 전류 범위 (ΔI : 원하는 너깃 직경 이상이고, 또한 용융 잔여 두께가 0.05 mm 이상인 너깃을 안정적으로 형성할 수 있는 전류 범위) 가 1.0 kA 이상, 바람직하게는 2.0 kA 이상이 되도록, 통전 시간, 용접 전류 등의 용접 조건을 조정하여, 각 단의 사이에 냉각 시간을 형성하는 스폿 용접 방법이 제안되어 있다.

[0014] 특허문헌 4 에서는, 스폿 용접에 앞서, 용접되는 부분의 도금층을 제거함으로써, LME 균열을 방지하는 기술이 제안되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0015] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 평10-195597호
- (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2003-103377호
- (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2003-236676호
- (특허문헌 0004) 국제 공개 제2016/159169호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 그러나, 특허문헌 1 에서는 강판의 합금 원소량을 한정할 필요가 있기 때문에, 요구 성능을 만족하는 강판의 사용이 제한되는 등의 과제가 있다. 특히, 최근의 강판에서의, 고강도화에 수반하여 고합금화가 진행되고 있는 상황하에서는, 그 적용은 매우 제한된다.
- [0017] 특허문헌 2 에서는, 스플래시가 발생하는 과도한 용접 전류를 설정했을 때의 LME 균열 억제 방법만이 제안되어 있고, 스플래시가 발생하지 않는 상태에서의 LME 균열에 대해서는 언급되어 있지 않다.
- [0018] 특허문헌 3 에서는, 용접 조건의 적정화에 많은 공정수가 필요하고, 또 적정 전류 범위의 확보가 곤란한 강판 및 판 세트에 대해서는 적용할 수 없다는 과제가 있었다. 게다가, 특허문헌 2 및 3 에서는, 용접 전극의 타각 (打角) 에 의한 영향에 대해서는 검토되어 있지 않기 때문에, 자동차 조립시의 실시공을 고려하면, 대책으로는 불충분한 경우가 있었다.
- [0019] 특허문헌 4 에서는, 사전에 도금층을 제거하는 공정이 필요하기 때문에, 제조 비용이 증가한다. 또, 도금층을 제거하고 있기 때문에, 용접부의 내식성이 저하된다고 생각된다.
- [0020] 본 발명은 상기와 같은 사정을 감안하여 이루어진 것으로, 특히 고강도 강판을 사용한 판 세트에 있어서, 강판의 성분 조성이나 판 세트에 상관없이 LME 균열의 억지 (抑止) 가 가능하고, 또한 그 판 세트에 포함되는 Zn 도금 강판의 도금층을 제거하는 일 없이 용접 부재를 제조 가능한, 저항 스폿 용접 부재 및 그 저항 스폿 용접 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0021] 발명자들은, 상기의 목적을 달성하기 위하여, 예의 검토를 거듭한 결과, 이하의 지건을 얻었다.
- [0022] 용접시에 발생하는 균열에 대한 본 발명의 효과는, 여러 가지 인자가 복잡하게 영향을 미치고 있기 때문에 단순하게는 설명할 수 없지만, 저항 스폿 용접부의 LME 균열은, 용접시의 시공 외란 등에 의해, 용접부에 과도한 인장 잔류 응력이 발생했을 때에 발생하기 쉽다. 특히, 강판끼리가 접하는 강판의 접합면측에 있어서는, 저항 스폿 용접의 통전 및 가압 종료 후에, 용접 전극을 개방했을 때에 국소적으로 인장 응력이 큰 영역에서 LME 균열을 발생시키기 쉬운 것이 알려져 있다. 그 밖에도, 중첩한 강판 사이의 강도차가 현저한 경우에는, 냉각시의 변태 거동의 차에 수반하는 인장 응력도 발생하기 쉬워진다고 생각된다.
- [0023] 상기 서술한 바와 같이, LME 균열은, Zn 등의 액체 금속이 강판과 접한 상태에서 인장 응력이 부여됨으로써 발생한다. 그 때문에, 강판 사이 (판 - 판 사이) 의 Fe 와 Zn 의 합금화를 촉진하여, 너깃 근방의 판 - 판 사이에 잔존하는 Zn 합금층 중의 Fe 농도를 일정 이상으로 함으로써, 인장 응력이 부여된 시점에서 판 - 판 사이에 액체 Zn 이 존재하지 않게 한다. 본 발명자는, 이에 의해, LME 균열이 억지 가능하다는 착상을 얻었다. 또, 판 - 판 사이에 잔존하는 Zn 합금층 중의 Fe 농도를 일정 이상으로 하기 위한 적절한 용접 조건이 있는 것도 알아내었다.
- [0024] 본 발명은 상기의 지건에 기초하여 이루어진 것으로, 그 요지 구성은 다음과 같다.
- [0025] [1] 중첩한 복수의 강판이 저항 스폿 용접된 저항 스폿 용접 부재로서,
- [0026] 상기 중첩한 복수의 강판 중 적어도 1 장은, 강판 표면에 Zn 계 도금층을 갖는 Zn 도금 강판이고,
- [0027] 상기 중첩한 복수의 강판의 강판 사이에 형성된 Zn 합금층에 있어서의 Fe 농도를 C_{Fe} (mass%),
- [0028] 너깃 단부로부터 그 C_{Fe} 의 측정 위치까지의 거리를 L (μm) 로 했을 때,
- [0029] 그 C_{Fe} 및 그 L 이, 이하의 (1) 식 및 (2) 식의 관계를 만족하는, 저항 스폿 용접 부재.
- [0030] $C_{Fe} \geq 20 \cdots (1)$
- [0031] $0 < L \leq 500 \cdots (2)$
- [0032] [2] 상기 중첩한 복수의 강판 중, Si 함유량이 가장 큰 강판의 Si 농도를 C_{Si} (mass%) 로 했을 때,
- [0033] 그 C_{Si} 가, 이하의 (3) 식의 관계를 만족하는, [1] 에 기재된 저항 스폿 용접 부재.
- [0034] $C_{Fe} \geq -[L \times (20 + C_{Si} \times 10)/500] + 40 + C_{Si} \times 10 \cdots (3)$

- [0035] 여기서, (3) 식으로 나타내는, C_{Fe} 는 중첩한 복수의 강판의 강판 사이에 형성된 Zn 합금층에 있어서의 Fe 농도 (mass%) 이고, L 은 너깃 단부로부터 C_{Fe} 의 측정 위치까지의 거리 (μm) 이다.
- [0036] [3] 상기 중첩한 복수의 강판 중 적어도 1 장은, 인장 강도가 980 MPa 이상인, [1] 또는 [2] 에 기재된 저항 스폿 용접 부재.
- [0037] [4] 상기 중첩한 복수의 강판 중, 인장 강도가 가장 큰 강판의 인장 강도를 TS_{max} (MPa), 인장 강도가 가장 작은 강판의 인장 강도를 TS_{min} (MPa) 으로 했을 때,
- [0038] 그 TS_{max} 및 그 TS_{min} 이, 이하의 (4) 식의 관계를 만족하는, [1] ~ [3] 중 어느 하나에 기재된 저항 스폿 용접 부재.
- [0039] $TS_{\text{max}}/TS_{\text{min}} \geq 1.2 \cdots (4)$
- [0040] [5] 상기 중첩한 복수의 강판의 장수가 3 장 이상인, [1] ~ [4] 중 어느 하나에 기재된 저항 스폿 용접 부재.
- [0041] [6] [1] ~ [5] 중 어느 하나에 기재된 저항 스폿 용접 부재의 저항 스폿 용접 방법으로서,
- [0042] 중첩한 복수의 강판을 1 쌍의 용접 전극으로 협지하고, 가압하면서 통전하여 접합을 실시하여, 너깃을 형성하는 본통전 공정과,
- [0043] 그 너깃의 형성 후에 후열 처리를 실시하는 후통전 공정을 갖고,
- [0044] 상기 본통전 공정에 있어서의 전류값의 평균값을 I_m (kA), 상기 후통전 공정에 있어서의 전류값의 평균값을 I_p (kA), 상기 후통전 공정에 있어서의 통전 시간의 총합을 t_p (ms) 로 했을 때,
- [0045] 그 I_m , 그 I_p 및 그 t_p 가, 이하의 (5) 식의 관계를 만족하는, 저항 스폿 용접 부재의 저항 스폿 용접 방법.
- [0046] $(I_p/I_m)^2 \times t_p \geq 20 \times C_{Si} + 50 \cdots (5)$
- [0047] 여기서, (5) 식으로 나타내는, C_{Si} 는 중첩한 복수의 강판 중, Si 함유량이 가장 큰 강판의 Si 농도 (mass%) 이다.
- [0048] [7] 상기 본통전 공정에서는, 적어도 1 지점의 용접 타점에 대해서는, 상기 용접 전극에 의한 가압을 실시하기 직전에, 이하의 (a) ~ (e) 중에서 선택된 1 개 또는 2 개 이상의 상태를 만족하는, [6] 에 기재된 저항 스폿 용접 부재의 저항 스폿 용접 방법.
- [0049] (a) 상기 용접 전극과 상기 중첩한 복수의 강판의 타각이 0.2 도 이상인 상태
- [0050] (b) 1 쌍의 상기 용접 전극의 심 어긋남량이 0.1 mm 이상인 상태
- [0051] (c) 어느 상기 용접 전극과 상기 중첩한 복수의 강판 사이에 간극이 0.5 mm 이상 있는 상태
- [0052] (d) 상기 중첩한 복수의 강판 중, 적어도 1 세트 이상의 강판 사이에 간극이 0.5 mm 이상 있는 상태
- [0053] (e) 상기 용접 타점의 중심으로부터 상기 중첩한 복수의 강판의 강판 단면까지의 최단 거리가 10 mm 이하인 상태
- [0054] [8] 상기 본통전 공정과 상기 후통전 공정 사이에는, 통전을 휴지하는 무통전 공정을 갖고,
- [0055] 또한, 상기 본통전 공정 후에, 그 무통전 공정 및 상기 후통전 공정을 2 회 이상 반복하는, [6] 또는 [7] 에 기재된 저항 스폿 용접 부재의 저항 스폿 용접 방법.

발명의 효과

[0056] 본 발명에 의하면, 특히 고강도 강판을 사용한 판 세트에 있어서, 강판의 성분 조성이나 판 세트에 상관없이 LME 균열의 억지가 가능하고, 또한 그 판 세트에 포함되는 Zn 도금 강판의 도금층을 제거하는 일 없이 용접 이음매를 제조 가능한, 저항 스폿 용접 부재 및 그 용접 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0057] 도 1 은, 저항 스폿 용접의 일례를 모식적으로 나타내는 단면도이다.

도 2 는, 본 발명의 일 실시형태에 관련된 저항 스폿 용접 부재에 있어서의 저항 스폿 용접부 및 그 주변을 모식적으로 나타내는 단면도이다.

도 3 은, 본 발명의 다른 실시형태에 관련된 저항 스폿 용접 부재에 있어서의 저항 스폿 용접부 및 그 주변을 모식적으로 나타내는 단면도이다.

도 4 는, 본 발명의 다른 실시형태에 관련된 저항 스폿 용접 부재에 있어서의 저항 스폿 용접부 및 그 주변을 모식적으로 나타내는 단면도이다.

도 5 는, $C_{Si} = 1.0 \text{ mass\%}$ 인 경우의, 본 발명의 저항 스폿 용접 부재에 있어서의, C_{Fe} 와 너깃 단부로부터의 거리의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 6 은, $C_{Si} = 2.0 \text{ mass\%}$ 인 경우의, 본 발명의 저항 스폿 용접 부재에 있어서의, C_{Fe} 와 너깃 단부로부터의 거리의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 7 은, 종래의 저항 스폿 용접시의 균열의 발생예를 모식적으로 나타내는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0058] 이하, 본 발명에 대해 구체적으로 설명한다. 또한, 본 발명은, 이 실시형태에 한정되지 않는다.
- [0059] [저항 스폿 용접 부재]
- [0060] 도 2 ~ 4 를 참조하여, 본 발명의 저항 스폿 용접 부재를 설명한다. 도 2 ~ 4 에는, 일례로서, 본 발명의 저항 스폿 용접 부재에 있어서의, 저항 스폿 용접부 및 그 주변의 일부를 확대한 관두께 방향 단면도를 나타낸다. 이 확대한 지점이란, 도 2 ~ 4 중에 나타내는 사각 프레임으로 둘러싼 영역이다.
- [0061] 본 발명은, 중첩한 복수의 강판이 저항 스폿 용접된 저항 스폿 용접부를 갖는 저항 스폿 용접 부재(이하, 「용접 부재」라고 칭한다)이다. 후술하는 바와 같이, 중첩한 복수의 강판 중 적어도 1 장은, 강판 표면에 Zn 계 도금층을 갖는 Zn 도금 강판이다. 상기한 복수의 강판의 장수는 특별히 한정되지 않고, 2 장 이상이면 된다. 바람직하게는 3 장 이상이다. 또한, 상기한 복수의 강판의 장수의 상한은 특별히 규정하지 않지만, 5 장 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0062] 도 2 에 나타내는 예는, 2 장의 강판을 중첩하여 용접한 용접 부재(6)이고, 하측에 배치되는 강판(2)(하판) 및 상측에 배치되는 강판(1)(상판)의 양방 또는 어느 것이 Zn 도금 강판이다. 도 2 의 용접 부재의 경우, 강판(1, 2)이 접하는 강판 접합면(접침면)(7)에, 이하에 설명하는 저항 스폿 용접부(4)가 형성된다.
- [0063] 또, 강판의 장수가 3 장 이상인 예로서, 도 3 및 도 4 에는, 3 장의 강판을 중첩하여 용접한 용접 부재(6)를 나타낸다. 도 3 및 도 4 의 용접 부재(6)는, 가장 하측에 배치되는 강판(2)(하판), 가장 상측에 배치되는 강판(1)(상판), 및 그들 사이에 배치되는 강판(3)(중판)의 전부 또는 적어도 1 장이, Zn 도금 강판이다. 도 3 및 도 4 의 용접 부재의 경우, 하판(2)과 중판(3) 및 중판(3)과 상판(1)이 접하는 각 접침면(7)(7a, 7b)을 포함하도록, 이하에 설명하는 저항 스폿 용접부(4)가 형성된다.
- [0064] [저항 스폿 용접부]
- [0065] 먼저, 도 5 및 도 6 을 참조하여, 본 발명의 기술 사상을 상세하게 설명한다.
- [0066] 도 5 및 도 6 에는, 본 발명의 용접 부재의 저항 스폿 용접부(이하, 「용접부」라고 칭한다)에 있어서의, 강판 사이에 형성된 Zn 함유층의 Fe 농도(C_{Fe})와 너깃 단부로부터 그 Fe 농도의 측정점까지의 거리(L)의 관계를 나타낸다. 도 5 및 도 6 에 있어서, 세로축은 상기 Fe 농도(mass%)이고, 가로축은 상기의 너깃 단부로부터의 거리(μm)이다.
- [0067] 여기서는, 2 장 또는 3 장의 강판을 중첩하여 여러 가지 용접 조건으로 용접한 용접 부재(이름매 1 ~ 8)를 준비하였다. 중첩한 복수의 강판 중, Si 함유량이 가장 큰 강판의 Si 농도를 「 C_{Si} (mass%)」로 정의할 때, 상이한 2 개의 예($C_{Si} = 1.0 \text{ mass\%}$, $C_{Si} = 2.0 \text{ mass\%}$)를 사용하여, 후술하는 실시예에 기재된 방법으로 각 이름매의 C_{Fe} 의 측정, 거리 L의 측정, 및 LME 균열의 평가를 실시하였다. 도 5 에는 $C_{Si} = 1.0 \text{ mass\%}$

인 경우의 관계도를 나타내고, 도 6 에는 $C_{Si} = 2.0 \text{ mass\%}$ 인 경우의 관계도를 나타냈다.

[0068] 상기 서술한 바와 같이, LME 균열은, Zn 등의 액체 금속이 강판과 접한 상태에서, 인장 응력이 부여됨으로써 발생한다. 그 때문에, 본 발명에서는, 판 - 판 사이의 Fe 와 Zn 의 합금화를 촉진하여, 너깃 근방의 판 - 판 사이에 잔존하는 Zn 합금층 중의 Fe 농도를 일정 이상으로 하는 것이 중요해진다. 이로써, 인장 응력이 부여된 시점에서 판 - 판 사이에 액체 Zn 이 존재하지 않게 한다.

[0069] 도 5 및 도 6 에 나타내는 바와 같이, 어느 이음매에 있어서도, 너깃 단부로부터 그 Fe 농도의 측정점까지의 거리가 작을수록, Fe 농도는 증가한다. 이것은, 너깃에 가까워질수록 용접시의 최고 도달 온도가 높고, 합금화가 촉진되기 때문이다. 그리고, LME 균열이 현저한 이음매, 즉 평가가 F 인 이음매 (이음매 (4) 및 이음매 (8)) 는, 모두 너깃 단부로부터의 거리가 $500 \mu\text{m}$ 이하인 영역에 있어서, Fe 농도가 낮다. 또, C_{Si} 가 클수록, LME 균열이 완전히 억제되는 평가 A 를 얻는 데에 필요한, Fe 농도의 임계값이 증가하고 있었다. 너깃 단부로부터의 거리가 $500 \mu\text{m}$ 이하인 영역은, 특히 용접시의 최고 도달 온도가 높고, 통전 완료 이후에 인장 응력이 발생했을 때, 판 - 판 사이에 Zn 이 액상으로서 존재하기 쉬운 영역이다. 그 때문에, 너깃 단부로부터의 거리가 $500 \mu\text{m}$ 이하인 판 - 판 사이에 형성된 Zn 합금층의 Fe 농도를 20 mass\% 이상으로 높임으로써, Zn 합금층의 용점이 상승하여, 용접부에 인장 응력이 발생할 때에 Zn 이 액상으로서 존재하기 어려워진다. 게다가, 전술한 바와 같이 너깃에 가까워질수록 최고 도달 온도는 높아지므로, 너깃단으로부터의 거리가 작을수록 C_{Fe} 를 일정 이상으로 높여 두면, 인장 응력이 발생할 때, 보다 확실하게 액상 Zn 의 존재를 방지할 수 있다. 그 결과, Zn 도금 강판을 포함하는 용접 부재에도 LME 균열이 억제 가능한 것을 알아내었다.

[0070] 계속해서, 본 발명의 용접 부재에 있어서의 용접부에 대해 상세하게 설명한다. 또한, 2 장의 강판을 겹치는 판 세트의 경우에도 3 장 이상의 강판을 겹치는 판 세트의 경우에도 동일하기 때문에, 이후의 설명에는 도 2 를 사용한다.

[0071] 도 2 에 나타내는 바와 같이, 용접부 (4) 는, 너깃 (4a) 과 열 영향부 (HAZ) (4b) 를 갖는다. 너깃 단부의 외측에서, 또한 중첩한 복수의 강판 (1, 2) 의 강판 사이 (판 - 판 사이) 에는 Zn 합금층 (5) 이 형성된다.

[0072] 상기 서술한 바와 같이, 본 발명에서는, 너깃 (4a) 의 근방의 판 - 판 사이에 잔존하는 Zn 합금층 (5) 중의 Fe 농도를 일정 이상으로 하는 것이 필요하다. 구체적으로는, 중첩한 강판의 판 - 판 사이에 형성된 Zn 합금층 (5) 에 있어서의 Fe 농도를 C_{Fe} (mass%), 너깃 단부로부터 그 C_{Fe} 의 측정 위치까지의 거리를 L (μm) 로 했을 때, 그 C_{Fe} 및 그 L 이, 이하의 (1) 식 및 (2) 식의 관계를 만족한다.

[0073]
$$C_{Fe} \geq 20 \dots (1)$$

[0074]
$$0 < L \leq 500 \dots (2)$$

[0075] C_{Fe} 가 20 (mass\%) 미만인 상태에서는, 판 - 판 사이의 Fe-Zn 의 합금화가 불충분하여, 너깃 근방의 판 - 판 사이에 액체 Zn 이 존재할 가능성이 높아진다. 이 상태에서, 전극의 가압력이나 강판의 열팽창, 또한 강판의 수축 등에서 기인하는 인장 응력이 용접부에 부여되었을 때, LME 균열이 발생하기 쉬워진다. 이와 같은 이유로부터, (1) 식에 있어서의 C_{Fe} 는 20 (mass\%) 이상으로 한다. C_{Fe} 는, 30 (mass\%) 이상으로 하는 것이 바람직하고, 40 (mass\%) 이상으로 하는 것이 더욱 바람직하다. (1) 식에 있어서의 C_{Fe} 의 상한은 특별히 규정하지 않는다. C_{Fe} 가 클수록 Zn 합금층의 용점이 상승하여, LME 균열 억지에 유효하기 때문이다. 그러나, C_{Fe} 를 과도하게 크게 하기 위해서는, 너깃을 형성한 후에, 매우 장시간의 후통전 처리가 필요하여, 팩트 타임의 증가를 초래하는 경우가 있다. 그 때문에, (1) 식에 있어서의 C_{Fe} 는 98 (mass\%) 이하로 하는 것이 바람직하고, 95 (mass\%) 이하로 하는 것이 더욱 바람직하다.

[0076] 또, C_{Fe} 가 상기 (1) 식의 관계를 만족하는, 너깃 단부로부터 그 C_{Fe} 의 측정 위치까지의 거리 L 이 상기 (2) 식으로 나타내는 범위 내에 있는 것이 필요하다. 이 「 C_{Fe} 의 측정 위치」란, 도 2 에 나타내는 점 A 의 위치를 가리킨다. 거리 L 이 상기 (2) 식의 범위를 벗어나는 경우, 용접시의 최고 도달 온도가 낮기 때문에, LME 균열 발생이 일어나기 어렵다. 즉, C_{Fe} 와 LME 균열 유무의 상관성이 작아지기 때문이다.

[0077] 또한, 너깃 단부, C_{Fe} 의 측정 위치, 및 너깃 단부로부터 C_{Fe} 의 측정 위치까지의 거리 L 의 위치 관계는, 도 2

에 나타내는 바와 같다. 도 2 에 나타내는 바와 같이, 「너깃 단부」란, 너깃 (4a) 과 강판 (1, 2) 의 결합면 (7) 의 교점을 가리킨다. 「C_{Fe} 의 측정 위치」란, 너깃 단부의 외측에서, 또한 Zn 합금층 (5) 중의 판두께 방향 중심의 위치를 가리킨다. 본 발명에서는, 너깃 (4a) 의 양단부의 외측에 「C_{Fe} 의 측정 위치 (도 2 에 나타내는 점 A)」가 각각 존재한다. 본 발명에 있어서, 상기한 C_{Fe} 의 농도 및 거리 L 은, 후술하는 실시예에 기재된 방법으로 측정할 수 있다.

[0078] 구체적으로는, 너깃 단부로부터 일정 거리만큼 이동한 Zn 합금층의 판두께 방향 중심을 측정점으로 하여 Fe 농도를 측정하고, 또한 판두께 방향으로 상하 각각 1 μm 씩 떨어진 위치에서도 측정을 실시하여, 이들 합계 3 점의 Fe 농도의 평균값을 C_{Fe} 로 한다.

[0079] 또, 예를 들어 3 장의 강판을 중첩한 판 세트의 경우, 상판 - 중판 사이와 중판 - 하판 사이에 Zn 합금층이 형성된다. 상기 서술한 방법으로 상판 - 중판 사이와 중판 - 하판 사이의 C_{Fe} 를 각각 구하고, 그들의 최소값을 C_{Fe} 로 한다. 강판의 장수가 4 장 이상인 경우도 동일하게 한다.

[0080] [중첩한 복수의 강판]

[0081] 상기 서술한 바와 같이, 중첩한 복수의 강판 중 적어도 1 장은 Zn 도금 강판이다. LME 균열은, 적어도 1 장의 Zn 도금 강판을 사용했을 때에 발생하는 현상이기 때문이다. 또한, 중첩한 복수의 강판 (판 세트) 은, 모든 강판이 Zn 도금 강판이어도 되고, Zn 도금 강판과 금속 도금층을 갖지 않는 강판을 중첩해도 된다. 어느 경우에도 본 발명의 효과를 얻을 수 있다.

[0082] 본 발명에 있어서의 「Zn 도금 강판」이란, 전기 아연 도금 및 용융 아연 도금 (합금화 용융 아연 도금을 포함한다) 으로 대표되는 아연 도금이나, 아연 외에 알루미늄이나 마그네슘 등의 원소를 포함한 아연 합금 도금 등의 Zn 계 도금층을, 모재인 하지 강판의 표면 상에 갖는 강판을 가리킨다. 또한, 도금층 중의 조성은 특별히 한정되지 않지만, C_{Fe} 를 증가시키기 위해서는, 도금층 중의 Fe 농도는 5 mass% 이상인 것이 바람직하다.

또, 강판의 파우더링성의 저하를 방지하는 등의 관점에서, 도금층 중의 Fe 농도는 20 mass% 이하인 것이 바람직하다.

[0083] 본 발명에 있어서 상기 서술한 작용 효과를 보다 유효하게 얻기 위해, 판 세트에 사용하는 강판은, 필요에 따라 이하의 구성을 구비할 수 있다.

[0084] [강판의 Si 함유량]

[0085] 본 발명에서는, 상기의 중첩한 복수의 강판 중, Si 함유량이 가장 큰 강판의 Si 농도를 C_{Si} (mass%) 로 했을 때, 그 C_{Si} 가, 이하의 (3) 식의 관계를 만족하는 것이 바람직하다. 이 경우에, 본 발명의 효과를 보다 유효하게 얻을 수 있다.

[0086]
$$C_{Fe} \geq -[L \times (20 + C_{Si} \times 10)/500] + 40 + C_{Si} \times 10 \dots (3)$$

[0087] 여기서, (3) 식으로 나타내는, C_{Fe} 는 중첩한 복수의 강판의 판 사이에 형성된 Zn 합금층에 있어서의 Fe 농도 (mass%) 이고, L 은 너깃 단부로부터 C_{Fe} 의 측정 위치까지의 거리 (μm) 이다.

[0088] LME 균열에 미치는 영향 인자는 여러 가지이지만, 강판의 성분 조성으로는 Si 가 증가하면, LME 균열 발생의 리스크가 높아진다고 생각된다. 강판 중의 Si 가 LME 균열에 미치는 영향은 복잡하여, 단순하게는 설명할 수 없지만, Si 는 Fe-Zn 의 합금화 반응을 저해하는 원소로서 알려져 있다. 그 때문에, Si 가 증가함으로써 판 - 판 사이에 액체 Zn 이 존재하기 쉬워지므로, 강판의 Si 함유량의 증가에 따라 C_{Fe} 의 하한값을 상승시키는 것이 바람직하다. 또, 너깃에 가까워질수록 용접에 의한 최고 도달 온도가 증가하기 때문에, 판 - 판 사이에 액체 Zn 이 존재하기 쉬워진다. 그 때문에, 거리 L 의 감소에 따라 C_{Fe} 의 하한값을 상승시키는 것이 바람직하다.

[0089] 따라서, 이상의 이유로부터, 판 세트 중 Si 함유량이 가장 큰 강판의 Si 농도 (C_{Si}) 와 Zn 합금층에 있어서의 Fe 농도 (C_{Fe}) 와 거리 L 이, (3) 식의 관계를 만족하는 것이 바람직하다. 또한, C_{Fe} 가 클수록 Zn 합금층의 용접이 상승하여, LME 균열 억지에 유효하므로 (3) 식의 상한은, 상기 서술한 (1) 식의 이유와 동일하게, 특별히

규정하지 않는다. 그러나, C_{Fe} 를 과도하게 크게 하기 위해서는, 너깃을 형성한 후에, 매우 장시간의 후통전 처리가 필요하여, 택트 타임의 증가를 초래하는 경우가 있다. 그 때문에, (3) 식에 있어서의 C_{Fe} 는 98 (mass%) 이하로 하는 것이 바람직하고, 95 (mass%) 이하로 하는 것이 더욱 바람직하다.

[0090] LME 균열이 발생하기 쉬운 판 세트나 시공 외란의 존재하에서는, 상기의 C_{Si} 와 C_{Fe} 와 L 의 관계는 이하의 관계식을 만족하는 것이 더욱 바람직하다.

[0091]
$$C_{Fe} \geq -[L \times (20 + C_{Si} \times 10)/500] + 60 + C_{Si} \times 10$$

[0092] 또한 본 발명에 있어서, 상기한 C_{Si} 의 농도는, 후술하는 실시예에 기재된 방법으로 측정할 수 있다.

[0093] [강판의 인장 강도]

[0094] 또, LME 균열은 고강도 강판에 있어서 발생하기 쉽다. 그 때문에, 본 발명에서는, 상기의 중첩한 복수의 강판 중 적어도 1 장은, 인장 강도가 980 MPa 이상인 것이 바람직하다. 이 경우에, 강판을 고강도화해도 LME 균열을 억제할 수 있으므로, 용접 부재의 충돌 특성의 향상 등의 효과를 기대할 수 있어, 본 발명의 효과를 보다 유효하게 얻을 수 있다. 강판의 인장 강도는, 바람직하게는 3000 MPa 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0095] [강판의 강도차]

[0096] 상기 서술한 바와 같이, 중첩한 복수의 강판에 있어서의 강판 사이의 강도차가 현저한 경우에는, 용접에서의 냉각시의 변태 거동의 차에 수반하는 인장 응력에 의해, LME 균열이 발생하기 쉬워진다. 그 때문에, 본 발명에서는, 상기의 중첩한 복수의 강판 중, 인장 강도가 가장 큰 강판의 인장 강도를 TS_{max} (MPa), 인장 강도가 가장 작은 강판의 인장 강도를 TS_{min} (MPa) 으로 했을 때, 그 TS_{max} 및 그 TS_{min} 이, 이하의 (4) 식의 관계를 만족하는 것이 바람직하다. 이 경우에, LME 균열이 발생하기 쉬운 판 세트에서도 LME 균열을 억제할 수 있어, 자동차의 구조 설계의 자유도가 향상되므로, 본 발명의 효과를 보다 유효하게 얻을 수 있다.

[0097]
$$TS_{max}/TS_{min} \geq 1.2 \dots (4)$$

[0098] $TS_{max}/TS_{min} \geq 1.5$ 의 관계를 만족하는 것이 더욱 바람직하다. (4) 식의 상한은 특별히 규정하지 않는다. 자동차용 강판의 실용적인 강도 레벨의 관점에서는, (TS_{max}/TS_{min}) 의 값은, 바람직하게는 12.0 이하로 한다.

[0099] 또한, 중첩한 강판의 장수가 많아지면, 용접부로의 입열이 증가함으로써 LME 균열이 발생하기 쉬워진다. 그 때문에, 상기의 중첩한 복수의 강판의 장수가 3 장 이상인 경우에, 본 발명의 효과를 보다 유효하게 얻을 수 있다.

[0100] 일례로서, 중첩한 복수의 강판의 장수가 3 장인 경우를 도 3 및 도 4 에 나타낸다. 도 3 에 나타내는 예에서는, 하판 (2) 및 중판 (3) 이 도금 없음의 강판, 상판 (1) 이 도금 강판이다. 도 3 의 예에서는, 중판 (3) 과 하판 (2) 의 판 사이에는 Zn 도금이 존재하지 않기 때문에, 상판 (1) 과 중판 (3) 사이에, Zn 합금층 (5) 및 상기 서술한 C_{Fe} 가 형성된다.

[0101] 또, 도 4 는, 상판 (1) 의 용접이, 중판 (3) 및 하판 (2) 보다 낮은 경우의 예이다. 강판의 용접이 상이할 때, 너깃 (4a) 의 윤곽이 타원이 되지 않는 경우가 있지만, 그 때에는 도 4 와 같이, 너깃 (4a) 의 윤곽과 판 - 판 계면의 교점 중, 용접부 중심으로부터 판폭 방향으로 가장 먼 위치를 너깃 단부로 하여, 거리 L 을 측정한다. 이것은, 2 장 겹침시에도 동일하다.

[0102] 본 발명에 사용하는 고강도 강판의 성분 조성은, 상기 서술한 구성을 구비할 수 있으면 특별히 한정되지 않는다. 본 발명을 자동차의 구조 부품에 적용하는 관점에서, 다음에 나타내는 성분 조성으로 하는 것이 바람직하다. 이하의 설명에 있어서, 성분 조성의 「%」 표시는, 특별히 언급하지 않는 한 「질량%」 를 의미한다.

[0103]
$$C : 0.1 \sim 0.4 \%$$

[0104] C 는, 강판의 고강도화에 기여하는 원소이다. 따라서, C 함유량은 0.1 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.12 % 이상으로 한다. 한편, C 는 파인으로 첨가하면, 용접부가 파인으로 경화되어, 용접부의 인성 저하를 일으킨다. 따라서, C 함유량은 0.4 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.38 % 이하로 한다.

- [0105] Si : 0.02 ~ 2.5 %
- [0106] Si 는, 강판의 강도 및 신장을 향상시키는 데에 유효한 원소이다. 따라서, Si 함유량은 0.02 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.1 % 이상으로 한다. 한편, Si 의 과잉인 첨가는, 내 LME 성이나 도금성의 저하를 일으킨다. 따라서, Si 함유량은 2.5 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 2.0 % 이하로 한다.
- [0107] Mn : 1.0 ~ 5.0 %
- [0108] Mn 은, 강판의 고강도화에 기여하는 원소이다. 따라서, Mn 함유량은 1.0 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 1.2 % 이상으로 한다. 한편, Mn 의 과잉인 첨가는, 너깃에 있어서의 합금 원소의 응고 편석을 촉진하여, 용접부의 인성 저하를 일으킨다. 따라서, Mn 함유량은 5.0 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 3.5 % 미만으로 한다.
- [0109] P : 0.05 % 이하
- [0110] P 는, 과잉으로 첨가된 경우, 너깃의 응고 편석에 의해 용접부의 인성 저하를 일으킨다. 그 때문에, P 함유량은 0.05 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.02 % 이하로 한다. 특히 P 함유량의 하한은 규정하지 않지만, 극저 P 화는 제강 비용이 상승하고, 그 때문에, P 함유량은 0.005 % 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0111] S : 0.01 % 이하
- [0112] S 의 함유량이 많은 경우에는, 너깃의 응고 편석에 의해 용접부의 인성 저하를 일으킨다. 그 때문에, S 함유량은 0.01 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.005 % 이하이다. 특히 S 함유량의 하한은 규정하지 않지만, 극저 S 화는 제강 비용이 상승한다. 그 때문에, S 함유량은 0.0002 % 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0113] Al : 0.01 ~ 1.00 %
- [0114] Al 은 탈산에 필요한 원소이고, 이 효과를 얻기 위해서는 0.01 % 이상 함유하는 것이 바람직하다. 한편, Al 의 과잉인 첨가는 강판 중의 개재물이 증가하여, 국부 변형능이 저하되고, 강판의 연성이 저하된다. 그 때문에, 그 상한은 1.00 % 로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.80 % 이하이다.
- [0115] N : 0.01 % 이하
- [0116] N 은 조대(粗大)한 질화물을 형성함으로써 국부 변형능이 저하되고, 강판의 연성이 저하됨으로써, 함유량을 억제하는 것이 바람직하다. 이것은, N 이 0.01 % 이상에서 이 경향이 현저해지므로, N 의 함유량을 0.01 % 미만으로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.0075 % 이하이다. 특히 N 함유량의 하한은 규정하지 않지만, 극저 N 화는 제강 비용이 상승한다. 그 때문에, N 함유량은 0.0001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0117] 상기 이외의 잔부는 Fe 및 불가피 불순물로 한다. 불가피적 불순물로는, 예를 들어, Co, Sn, Zn 등을 들 수 있고, 이들 함유량의 허용 범위로는, Co : 0.05 % 이하, Sn : 0.01 % 이하, Zn : 0.01 % 이하이다. 또, 본 발명에서는, Ta, Mg, Zr 을 통상적인 강 조성의 범위 내에서 함유해도, 그 효과는 없어지지 않는다.
- [0118] 본 발명에서는, 상기의 성분에 더하여, 이하의 성분을 1 종 또는 2 종 이상을 함유해도 된다. 또한, 이하의 각 성분은 0 % 여도 된다.
- [0119] Nb : 0.1 % 이하
- [0120] Nb 는 미세한 탄질화물을 형성함으로써 강판의 석출 경화에 유효하다. 그 효과를 얻기 위해서는 Nb 를 0.005 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 한편, 다량으로 Nb 를 첨가하면, 신장이 현저하게 저하될 뿐만 아니라, 연속 주조 후에 슬래브 균열이 발생하기 때문에, 그 함유량은 0.1 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.07 % 이하이고, 더욱 바람직하게는 0.055 % 이하이다.
- [0121] Ti : 0.1 % 이하
- [0122] Ti 는 미세한 탄질화물을 형성함으로써 강판의 석출 경화에 유효하다. 그 효과를 얻기 위해서는 Ti 를 0.005 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 한편, 다량으로 Ti 를 첨가하면, 신장이 현저하게 저하되기 때

문에, 그 함유량은 0.1 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.065 % 이하이다.

- [0123] V : 0.05 % 이하
- [0124] V 는 미세한 탄질화물을 형성함으로써, 강판의 석출 경화에 유효하다. 이와 같은 작용을 갖기 때문에, V 의 첨가량을 0.005 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 한편, 다량의 V 를 첨가시켜도, 0.05 % 를 초과한 만큼의 강도 상승 효과는 작고, 게다가, 합금 비용의 증가도 초래해 버린다. 따라서, V 의 함유량은 0.05 % 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0125] Cr : 1.0 % 이하
- [0126] Cr 은 저항 용접부에 마텐자이트를 생성시키기 쉽기 때문에, 전단 인장 강도의 고강도화에 기여하는 원소이다. 이 효과를 발휘시키기 위해서는, 0.05 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 한편, 1.0 % 초과 함유시키면, 면 결함이 발생하기 쉬워지기 때문에 그 함유량은 1.0 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 바람직하게는 0.8 % 이하이다.
- [0127] Mo : 0.5 % 이하
- [0128] Mo 도 Cr 과 동일하게, 저항 용접부에 마텐자이트를 생성시키기 쉽기 때문에, 전단 인장 강도의 고강도화에 기여하는 원소이다. 이들 효과를 발휘시키기 위해서는, 0.01 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 바람직하게는 0.02 % 이상이다. 또, 0.5 % 초과 함유시켜도 전술한 효과가 포화되기 때문에 비용이 상승할 뿐이 되므로, 그 함유량은 0.5 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.42 % 이하이다.
- [0129] Cu : 1.0 % 이하
- [0130] Cu 는 강판의 고용 강화에 기여하는 원소이다. 이들 효과를 발휘하기 위해서는 0.005 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 한편, 1.0 % 초과 함유시켜도 효과가 포화되고, 또 Cu 에서 기인하는 표면 결함이 발생하기 쉬워지기 때문에, 그 함유량은 1.0 % 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0131] Ni : 0.50 % 이하
- [0132] Ni 는 강판의 고용 강화 및 변태 강화에 의해 고강도화에 기여하는 원소이다. 이들 효과를 발휘시키기 위해서는 0.005 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 또, Cu 와 동시에 첨가하면, Cu 기인의 표면 결함을 억제하는 효과가 있기 때문에, Cu 첨가시에 유효하다. 한편, 0.50 % 초과 함유시켜도 효과가 포화되기 때문에, 그 함유량을 0.50 % 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0133] B : 0.010 % 이하
- [0134] B 는 강판의 퀴칭성을 향상시켜, 고강도화에 기여하는 원소이다. 이 효과를 발휘하기 위해서, 0.0002 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 한편, 0.010 % 초과 함유시켜도 효과가 포화되기 때문에, 그 함유량을 0.010 % 이하로 하는 것이 바람직하다. 바람직하게는 0.008 % 이하이다.
- [0135] Sb : 0.20 % 이하
- [0136] Sb 는 강판 표층부에 발생하는 탈탄층을 억제하는 효과를 갖기 때문에, 강판 표면에 있어서의 마텐자이트의 감소를 억제할 수 있다. 이와 같은 효과를 발현하기 위해서는 그 함유량을 0.001 % 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, Sb 가 0.20 % 초과 첨가되면, 압연 부하 하중을 증대시키기 때문에, 생산성을 저하시키므로, 0.20 % 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0137] Ca 및/또는 REM : 0.02 % 이하
- [0138] Ca 및 REM (희토류 금속) 은, 황화물의 형상을 구상화함으로써 내지연 파괴 특성의 향상에 기여하는 원소이고, 필요에 따라 첨가할 수 있다. 이들 효과를 발휘하기 위해서는 각각 0.0005 % 이상 함유시키는 것이 바람직하다. 한편, 각각 0.02 % 를 초과하여 함유시켜도 효과가 포화되기 때문에, 그 함유량을 각각 0.02 % 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0139] [저항 스폿 용접 방법]
- [0140] 다음으로, 본 발명의 용접 부재를 제조하기 위한, 저항 스폿 용접 방법의 일 실시형태에 대해 설명한다.
- [0141] 본 발명의 용접 부재는, 적어도 1 장의 상기 Zn 도금 강판을 포함하는, 복수의 강판을 중첩한 판 세트를, 1 쌍의 용접 전극으로 협지하고, 가압하면서 통전하여 접합하는 저항 스폿 용접에 의해 제조된다.

- [0142] 예를 들어, 도 1에 나타내는 바와 같이, 2장의 강판(1, 2)을 중첩하여 판 세트로 한다. 이어서, 판 세트의 하측 및 상측에 배치되는 1쌍의 용접 전극(8, 9)으로 그 판 세트를 협지하고, 가압하면서 소정의 용접 조건이 되도록 제어하여 통전을 실시한다. 이로써, 강판(1, 2)의 결합면(7)이 되는 강판 사이에 상기 서술한 용접부(4)를 형성함으로써, 강판끼리를 접합할 수 있다. 또한, Zn계 도금층을 갖는 강판(GI혹은 GA)과 도금층을 갖지 않는 강판(고강도 냉연 강판)을 사용하여 판 세트로 해도 된다. 이 경우, Zn계 도금층을 갖는 면측이 고강도 냉연 강판에 접하도록 중첩한다.
- [0143] 본 발명의 저항 스폿 용접 방법에서 사용 가능한 용접 장치로는, 상하 1쌍의 용접 전극을 구비하고, 용접 중에 가압력 및 용접 전류를 각각 임의로 제어 가능한 용접 장치를 사용할 수 있다. 용접 장치의 가압 기구(에어 실린더나 서보 모터 등), 형식(정치식, 로봇건 등), 용접 전극 형상 등은 특별히 한정되지 않는다. 용접 전극의 선단의 형식으로는, 예를 들어, JIS C 9304 : 1999에 기재되는 DR형(돔 레이디어스형), R 직경(레이디어스형), D형(돔형) 등을 들 수 있다. 또, 용접 전극의 선단 직경은, 예를 들어 4 mm ~ 16 mm이다. 용접 전극의 선단의 곡률 반경은, 예를 들어 10 mm ~ 400 mm이다. 또, 직류, 교류 중 어느 것에도 본 발명을 적용할 수 있다. 교류의 경우에는, 「전류」는 「실효 전류」를 의미한다.
- [0144] 계속해서, 본 발명의 용접 조건에 대해 설명한다.
- [0145] 너깃 근방의 판 - 판 사이의 Fe-Zn의 합금화를 촉진하기 위해서는, 너깃을 형성하고 나서 용접 전극을 해방할 때까지의 동안에, 후열 처리에 의해 용접부를 적정하게 고온 유지하는 것이 유효해진다.
- [0146] 그 때문에, 본 발명의 저항 스폿 용접에서는, 너깃을 형성하기 위한 본통전 공정과, 너깃 형성 후에 후열 처리를 실시하기 위한 후통전 공정을 갖는다. 그 본통전 공정에 있어서의 전류값의 평균값을 I_m (kA), 그 후통전 공정에 있어서의 전류값의 평균값을 I_p (kA), 그 후통전 공정에 있어서의 통전 시간의 총합을 t_p (ms)로 했을 때, 이들 I_m , I_p 및 t_p 가, 이하의(5)식의 관계를 만족하는 것이 중요하다.
- [0147] $(I_p/I_m)^2 \times t_p \geq 20 \times C_{Si} + 50 \dots (5)$
- [0148] 여기서, (5)식으로 나타내는, C_{Si} 는 중첩한 복수의 강판 중, Si 함유량이 가장 큰 강판의 Si 농도 (mass%)이다.
- [0149] $((I_p/I_m)^2 \times t_p)$ 의 값이 하한값(상기(5)식의 우변값)을 하회하면, 후통전 공정에 있어서의 발열량이 부족하여, 판 - 판 사이의 Zn 합금층의 Fe-Zn 합금화 불충분이 되는 결과, C_{Fe} 를 증가시킬 수 없게 된다. 또, 상기 서술한 바와 같이, 강판의 Si 함유량이 증가하면 LME 균열이 발생하기 쉬워지기 때문에, $((I_p/I_m)^2 \times t_p)$ 의 하한값은, C_{Si} 에 따라 증가시키는 것이 유효하다는 착상을 얻었다.
- [0150] 따라서, 이상의 이유로부터, 본통전 공정 및 후통전 공정에 있어서의 전류값 및 통전 시간(I_m , I_p 및 t_p)과 강판의 Si 함유량(C_{Si})은, (5)식의 관계를 만족하도록 용접 조건을 제어한다.
- [0151] LME 균열이 발생하기 쉬운 판 세트나 시공 외란의 존재하에서는, 상기의 I_m , I_p , t_p 및 C_{Si} 는 이하의 관계식을 만족하는 것이 바람직하다.
- [0152] $(I_p/I_m)^2 \times t_p \geq 20 \times C_{Si} + 100$
- [0153] 또한, 후통전 공정의 입열이 증가할수록, 판 - 판 사이의 Zn 합금층의 합금화가 촉진되어, C_{Fe} 의 증가에 유효하므로 $((I_p/I_m)^2 \times t_p)$ 의 상한값은 특별히 규정하지 않는다. 그러나, 과도한 입열에 의한 현저한 스플래시의 발생이나, 자동차 제조 공정의 택트 타임의 과대 증가를 방지하기 위해, (5)식으로 나타내는, $((I_p/I_m)^2 \times t_p)$ 의 값은 $(300 \times C_{Si} + 3700)$ 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0154] 또, 후통전 공정의 전류값이 지나치게 높은 경우에는, 너깃의 재용융에 의한 스플래시 발생의 위험이 증가할 뿐만 아니라, 과도한 입열에 의한 LME 균열 발생의 위험도 증가한다. 그 때문에, 상기 서술한 용접 조건에 더하여, 본통전 공정 및 후통전 공정의 전류값이 $I_p/I_m \leq 2.0$ 의 관계를 만족하는 것이, 더욱 바람직하다.
- [0155] (I_p/I_m) 의 값이 2.0 이하가 됨으로써, 후통전 공정에 의한 너깃의 재용융 및 성장의 억제가 가능해져, 스플래시의 발생을 방지할 수 있다. 상기 (I_p/I_m) 은, 바람직하게는 1.8 이하로 한다. 또 상기 (I_p/I_m) 은,

바람직하게는 0.5 이상, 보다 바람직하게는 0.9 이상으로 하고, 더욱 바람직하게는 1.0 이상으로 한다.

- [0156] 또, 후통전 공정의 통전 시간의 총합은, 일정 이상의 입열을 얻으면서, 자동차 제조 공정의 택트 타임의 과대 증가를 방지하기 위해, 50 ~ 1000 ms 로 하는 것이 바람직하다.
- [0157] 후통전 공정 후의 홀드 시간은, 20 ~ 1000 ms 로 한다. 이로써, 너깃 내의 블로우 홀의 발생 및 택트 타임의 과대 증가를 억제한다.
- [0158] 본 발명에서는, 상기 공정의 용접 조건에 더하여, 이하의 용접 조건을 가져도 된다.
- [0159] 상기 서술한 바와 같이, LME 균열은 용접시의 시공 외란의 존재하에서 발생하기 쉽다. 그 때문에, 본통전 공정에서는, 적어도 1 지점의 용접 타점에 대해서는, 용접 전극에 의한 가압을 실시하기 직전에, 이하의 (a) ~ (e) 중에서 선택된 1 개 또는 2 개 이상의 상태를 만족하는 것이 바람직하다. 이로써, 본 발명의 효과를 보다 유효하게 얻을 수 있다.
- [0160] (a) 용접 전극과 중첩한 복수의 강관의 타각이 0.2 도 이상인 상태
- [0161] (b) 1 쌍의 용접 전극의 심 어긋남량이 0.1 mm 이상인 상태
- [0162] (c) 어느 용접 전극과 중첩한 복수의 강관 사이에 간극이 0.5 mm 이상 있는 상태
- [0163] (d) 중첩한 복수의 강관 중, 적어도 1 세트 이상의 강관 사이에 간극이 0.5 mm 이상 있는 상태
- [0164] (e) 용접 타점의 중심으로부터 중첩한 복수의 강관의 강관 단면까지의 최단 거리가 10 mm 이하인 상태
- [0165] 이들 용접 시공 외란은, 모두 전극 해방시에 있어서의 용접부의 온도 및/또는 인장 응력을, 국소적으로 상승시키기 때문에, LME 균열이 발생하기 쉬운 상태가 된다. 그러나, 본 발명에 의해 C_{Fe} 를 적정화함으로써, 이들 용접 시공 외란이 있는 상태여도 LME 균열을 억제할 수 있고, 부재 제조시의 시공 외란 관리의 여유도가 향상된다. 이하, 각 시공 외란의 상세한 것에 대해 설명한다.
- [0166] (a) 용접 전극과 상기 중첩한 복수의 강관의 타각이 0.2 도 이상인 상태
- [0167] 타각이란, 강관에 대해 전극이 기울어지는 각도, 즉, 「전극 가압력 방향과 강관 관두께 방향이 이루는 각도」를 의미한다. 타각이 크면, 용접부에 굽힘 응력이 가해져, 국소적으로 큰 압축 소성 변형이 발생함으로써, 냉각 후의 인장 응력이 증가한다. 타각은 0.2 도 이상인 경우에, 본 발명의 효과를 유효하게 얻을 수 있다. 타각이 과대한 경우에는 너깃 형성이 불안정해져, 스플래시 발생의 원인이 되기 때문에, 타각은 10 도 이하로 하는 것이 바람직하다. 타각은, 더욱 바람직하게는 1 도 이상으로 하고, 더욱 바람직하게는 8 도 이하로 한다.
- [0168] (b) 1 쌍의 용접 전극의 심 어긋남량이 0.1 mm 이상인 상태
- [0169] 심 어긋남이란, 1 쌍의 용접 전극의 중심축이 일정하지 않은 상태를 의미한다. 상기 서술한 타각과 동일하게, 심 어긋남이 크면, 용접부에 굽힘 응력이 가해짐으로써, LME 균열이 발생하기 쉬워진다. 심 어긋남량이 0.1 mm 이상인 경우에, 본 발명의 효과를 유효하게 얻을 수 있다. 심 어긋남량이 과대한 경우에는 너깃 형성이 불안정해져, 스플래시 발생의 원인이 되기 때문에, 심 어긋남량은 5 mm 이하로 하는 것이 바람직하다. 심 어긋남량은, 더욱 바람직하게는 0.2 mm 이상으로 하고, 더욱 바람직하게는 3 mm 이하로 한다.
- [0170] (c) 어느 용접 전극과 중첩한 복수의 강관 사이에 간극이 0.5 mm 이상 있는 상태
- [0171] 가압 개시 직전에 어느 용접 전극과 강관 사이에 간극이 있는 상태에서는, 예를 들어 편방의 전극이 가동(이하, 가동측 전극), 다른 편방의 전극이 고정(이하, 고정측 전극)으로 했을 때, 고정측 전극과 강관 사이에 간극이 있는 상태에서는, 가동측 전극에 의한 가압이 개시되었을 때, 강관이 굽힘 변형되기 때문에, 용접부에 굽힘 응력이 가해진다. 이로써, LME 균열이 발생하기 쉬워진다. 이 용접 전극과 강관 사이의 간극량이 0.5 mm 이상인 경우에, 본 발명의 효과를 유효하게 얻을 수 있다. 이 간극량이 과대한 경우에는 너깃 형성이 불안정해져, 스플래시 발생의 원인이 되기 때문에, 이 간극량은 5 mm 이하로 하는 것이 바람직하다. 간극량은, 더욱 바람직하게는 1 mm 이상으로 하고, 더욱 바람직하게는 3 mm 이하로 한다.
- [0172] (d) 중첩한 복수의 강관 중, 적어도 1 세트 이상의 강관 사이에 간극이 0.5 mm 이상 있는 상태
- [0173] (c) 와 동일하게, 가압 개시 직전에 어느 강관 사이에 간극이 있는 상태에서는, 강관이 굽힘 변형이 발생하기 때문에, 용접부에 굽힘 응력이 가해짐으로써, LME 균열이 발생하기 쉬워진다. 이 간극량이 0.5 mm 이상인

경우에, 본 발명의 효과를 유효하게 얻을 수 있다. 이 간극량이 과도한 경우에는 너깃 형성이 불안정해져, 스플래시 발생의 원인이 되기 때문에, 이 간극량은 4 mm 이하로 하는 것이 바람직하다. 간극량은, 더욱 바람직하게는 1 mm 이상으로 하고, 더욱 바람직하게는 3 mm 이하로 한다.

[0174] 또한, 상기의 「1 세트 이상의 강판 사이의 간극」 이란, 중첩한 2 장 이상의 강판에 있어서, 상하 방향으로 배치된 2 장의 강판을 1 세트로 할 때, 1 세트 이상의 강판 사이에 간극이 있는 것을 의미한다.

[0175] (e) 용접 타점의 중심으로부터 중첩한 복수의 강판의 강판 단면까지의 최단 거리가 10 mm 이하인 상태

[0176] 용접 타점 중심으로부터 강판 단면까지의 최단 거리가 크면, 강판 단면에서는 용접부로부터의 열전도가 저해되므로, 용접부의 냉각 속도가 과도하게 저하되는 경우가 있다. 그 때문에, 전극 해방시의 온도가 증가함으로써, LME 균열이 발생하기 쉬워진다. 용접 타점 중심으로부터 강판 단면까지의 최단 거리가 10 mm 이하인 경우에, 본 발명의 효과를 유효하게 얻을 수 있다. 또, 이 최단 거리가 3 mm 미만인 경우, 용접시의 스플래시 발생이 현저해져, 너깃 직경이 흐트러지기 쉬워짐으로써, 용접부의 강도가 불안정화된다. 그 때문에, 이 최단 거리는 3 mm 이상으로 하는 것이 바람직하다. 이 최단 거리는, 더욱 바람직하게는 4 mm 이상으로 하고, 더욱 바람직하게는 8 mm 이하로 한다.

[0177] [무통전 공정]

[0178] 본 발명에서는, 본통전 공정과 후통전 공정 사이에는, 통전을 휴지하는 무통전 공정을 갖고, 또한, 본통전 공정 후에 무통전 공정 및 후통전 공정을 2 회 이상 반복하는 것이 바람직하다. 이로써, 본 발명의 효과를 보다 유효하게 얻을 수 있다.

[0179] Fe-Zn 의 합금화를 촉진하여 C_{Fe} 를 증가시키기 위해서는, 본통전 공정의 완료 후에 너깃 근방을 일정한 온도 범위에서 유지하는 것이 유효하다. 그 때, 후통전시의 온도가 과대하면 너깃의 채용용에 의한 스플래시의 증가가 염려되고, 후통전시의 온도가 과소이면 원하는 열처리 효과는 얻을 수 없다. 무통전 공정을 형성하지 않고 일정한 전류값으로 후통전을 실시한 경우, 전류값이 크면 너깃 근방의 온도는 서서히 상승해가고, 반대로 전류값이 작으면 너깃 근방의 온도는 서서히 저하되어 버린다. 이와 같은 상태에서도, 전류값을 적정하게 설정하면 원하는 효과가 얻어진다고 생각되지만, 최적 조건의 도출에 필요한 공정수가 증가하는 경우가 있다. 이와 같은 이유로부터, 본 발명에서는, 본통전 공정과 후통전 공정 사이에, 무통전 공정을 형성하는 것이 바람직하다. 이로써 너깃 근방을 일정한 온도 범위로 유지할 수 있다. 무통전 공정의 무통전 시간은, 10 ~ 350 ms 로 하는 것이 바람직하다. 또한, 무통전 시간을 반복하는 경우에는, 택트 타임 증가 역제의 관점에서, 무통전 시간의 총합은 2000 ms 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0180] 또, 일정한 온도 범위에서의 유지를 실시하기 위해서는, 엄밀한 조건 관리가 필요하게 될 뿐만 아니라, 상기 서술한 용접 시공 외란시에는, 더욱 조건 관리가 곤란해진다. 무통전 공정과 후통전 공정을 반복함으로써, 후통전 공정에 있어서의 총 통전 시간이 증가했다고 해도, 너깃 근방의 온도가 비교적 일정한 범위로 유지된다. 이로써, 후통전 공정에 있어서의 적정 전류 범위가 넓어져, 용접 시공 외란에 대한 로버스트성도 향상되는 것이다.

[0181] 따라서, 무통전 공정과 후통전 공정의 반복수는, 바람직하게는 2 회 이상으로 하고, 더욱 바람직하게는 4 회 이상으로 한다. 이 반복수의 상한은 특별히 규정하지 않지만, 일반적으로 용접 장치에서 설정 가능한 반복수에는 상한이 있고, 상한 초과인 반복수의 설정에는 용접 장치의 개조가 필요해진다. 그 때문에, 자동차 제조 공정에 있어서의 설비 비용이 증가한다는 이유에서, 바람직하게는 20 회 이하로 하고, 더욱 바람직하게는 10 회 이하로 한다.

[0182] 또한, 본 발명에서는, 각 공정에 있어서의 가압 조건은 특별히 한정되지 않는다. 자동차 용도용의 관점에서, 가압 조건은 2.0 ~ 8.0 kn 의 범위로 조정하는 것이 바람직하다.

[0183] 실시예

[0184] 이하, 본 발명의 실시예를 설명한다. 또한, 본 발명은, 이하의 실시예에 의해 한정되지 않는다.

[0185] 표 1 에 나타내는 판 세트를 사용하여, 표 2 에 나타내는 용접 조건으로 용접 이음매 (용접 부재) 를 제조하였다. 용접 장치에는, 용접 건에 장착된 서보 모터 가압식으로 단상 교류 (50 Hz) 의 저항 용접기를 사용하였다. 사용한 1 쌍의 전극 팁은, 선단의 곡률 반경 R 40 mm, 선단 직경 6 mm 를 갖는 크롬구리의 DR 형 전극으로 하였다.

- [0186] 판 세트는, 표 1 에 나타내는 강판 1, 강판 2, 강판 3 의 순서로, 상측으로부터 배치하여 중첩하였다. 표 1 의 도금란에 나타내는 「GA」 란 합금화 용융 아연 도금층을 갖는 강판을 가리키고, 「GI」 란 용융 아연 도금층을 갖는 강판을 가리키고, 「EG」 란 전기 아연 도금층을 갖는 강판을 가리키고, 「없음」 이란 도금층을 갖지 않는 강판 (냉연 강판) 을 가리킨다.
- [0187] 또, 표 2 의 「시공 외란」 란에 나타내는 부호는, 상기 서술한 용접 시공 외란에 나타낸 (a) ~ (e) 에 대응하고 있다. 표 2 의 용접 조건에 나타내는 「 t_p (ms)」 란, 후통전 공정의 통전 시간의 총합이고, 무통전 공정에 나타내는 「-」 란, 무통전 공정을 갖지 않는 것을 나타낸다.
- [0188] 또, 표 2 의 용접 조건에 나타내는 「무통전 공정 · 후통전 공정의 반복수」 란, 무통전 공정을 갖는 경우, 본통전 공정 후에 무통전 공정 및 후통전 공정이 반복되는 수를 나타낸다. 예를 들어, 「본통전 공정 - 후통전 공정」 의 경우에는 상기 반복수는 「0」 이 되고, 「본통전 공정 - 무통전 공정 - 후통전 공정」 의 경우에는 반복수가 「1」 이 된다. 또 예를 들어, 상기 반복수가 「3」 인 경우에는 「본통전 공정 - 무통전 공정 (1) - 후통전 공정 (1) - 무통전 공정 (2) - 후통전 공정 (2) - 무통전 공정 (3) - 후통전 공정 (3)」 인 것을 나타낸다.
- [0189] 또한, 표 1 의 「Si 함유량」 란에는, 각 강판의 Si 농도를 나타내고, 「Mn 함유량」 란에는, 각 강판의 Mn 농도를 나타내고, 표 1 및 표 2 의 「 C_{Si} 」 란에는, 판 세트에 있어서의 Si 함유량이 가장 큰 강판의 Si 농도를 나타낸다. 본 실시예에서는, 「 C_{Si} 」 는, 유도 결합 플라즈마 (ICP) 발광 분광 분석법으로 측정하였다.
- [0190] 또, 표 1 의 「인장 강도」 란에는, 각 강판으로부터 압연 방향으로 JIS 5 호 인장 시험편을 채취하고, JIS Z 2241 에 준거하여 인장 시험을 실시하여 측정된 인장 강도 (MPa) 를 나타낸다. 표 1 및 표 2 의 「 T_{Smax} 」 란에는, 상기 인장 시험에서 측정된, 판 세트에 있어서의 가장 큰 강판의 인장 강도를 나타내고, 「 T_{Smin} 」 란에는, 상기 인장 시험에서 측정된, 판 세트에 있어서의 가장 작은 강판의 인장 강도를 나타낸다.
- [0191] 얻어진 용접 부재를 사용하여, 이하에 나타내는 방법으로, 용접부의 LME 균열의 평가, Zn 합금층에 있어서의 Fe 농도 (C_{Fe}) 의 측정, 및 너짓 단부로부터 C_{Fe} 의 측정점까지의 거리 L 의 측정을 실시하였다.
- [0192] <LME 균열의 평가>
- [0193] 용접 부재의 용접부 중앙을 마이크로 커터로 절단한 후, 단면 관찰에 의해 LME 균열의 유무를 평가하였다. 구체적으로는, 표 2 에 나타내는 각 용접 조건으로 각각 10 체의 용접 부재를 제조한 후에 판 - 판 사이의 LME 균열을 확인하고, 이하의 기준으로 평가를 실시하였다. 평가 결과는 표 2 에 나타냈다.
- [0194] A : 10 체 모두 균열 없음
- [0195] B : 균열이 발생한 이음매가 2 체 이하, 또한 균열 깊이의 최대값이 100 μm 미만
- [0196] F : 균열이 발생한 이음매가 3 체 이상, 또는 균열 깊이의 최대값이 100 μm 이상
- [0197] 여기서, 평가 결과가 「A」 및 「B」 인 경우에, 합격으로 평가하였다.
- [0198] < C_{Fe} 의 측정 및 거리 L 의 측정>
- [0199] 상기 서술한 단면 관찰시에는 LME 균열의 확인 뿐만이 아니라, 에너지 분산형 X 선 장치 (EDX) 를 사용하여 너짓 근방의 판 - 판 사이의 Zn 합금층 중의 Fe 농도를 임의의 위치에서 측정하고, C_{Fe} 를 산출하였다. 구체적으로는, 너짓 단부로부터 일정 거리만큼 이동한 Zn 합금층의 판두께 방향 중심을 측정점으로 하여 Fe 농도를 측정하고, 또한 판두께 방향으로 상하 각각 1 μm 씩 떨어진 위치에서도 측정을 실시하여, 이들 합계 3 점의 Fe 농도의 평균값을 C_{Fe} 로 하였다. 또한, C_{Fe} 가 되는 지점은 너짓 양 단부측에 형성되지만, 여기서는 일방측의 C_{Fe} 를 측정하였다.
- [0200] 또, 너짓 단부로부터 C_{Fe} 의 측정점까지의 거리는, 주사형 전자 현미경 (SEM) 에 의한 관찰로 측정하였다.
- [0201] 또한, 3 장의 강판을 중첩한 판 세트 (판 세트 No. b ~ j) 인 경우, 강판 (1) - 강판 (2) 사이와 강판 (2) - 강판 (3) 사이에 Zn 합금층이 형성된다. 여기서, 강판 (1) - 강판 (2) 사이와 강판 (2) - 강판 (3) 사이의 각각에서 C_{Fe} 를 측정하고, 그 최소값을 각 식의 계산에 사용하였다.

[0202] 측정 결과는 표 2 에 나타냈다.

표 1

판 세트 No.	관련 1					관련 2					관련 3					TSmax (MPa)	TSmin (MPa)
	인장 강도 (MPa)	판두께 (mm)	Mn 함량 (mass%)	Si 함량 (mass%)	도금	인장 강도 (MPa)	판두께 (mm)	Mn 함량 (mass%)	Si 함량 (mass%)	도금	인장 강도 (MPa)	판두께 (mm)	Mn 함량 (mass%)	Si 함량 (mass%)	도금		
a	990	1.6	2.5	1.5	GA	990	1.6	2.5	1.5	GA	991	1.4	3.4	0.5	GA	990	
b	279	0.7	0.12	0.01	GA	1502	1.2	3.0	1.2	GA	1502	1.2	3.0	1.2	GA	1502	
c	992	1.6	2.0	1.4	GA	270	1.0	0.12	0.01	GA	1203	1.4	2.5	1.2	GA	1203	
d	995	1.4	1.8	0.5	없음	275	0.7	0.12	0.01	GA	995	1.4	2.1	0.5	GA	995	
e	780	1.6	2.0	1.0	GA	270	0.6	0.17	0.008	GA	590	1.8	1.5	1.0	없음	780	
f	1020	1.6	2.2	1.5	없음	270	1.2	0.17	0.008	GA	440	1.2	2.2	1.0	없음	1020	
g	279	0.7	0.12	0.01	GA	1502	1.2	3.0	1.2	GI	991	1.4	3.4	0.5	GI	1502	
h	279	0.7	0.12	0.01	GA	1502	1.2	3.0	1.2	EG	991	1.4	3.4	0.5	EG	1502	
i	279	0.7	0.12	0.01	GA	1870	1.6	1.0	0.2	없음	995	1.4	2.1	0.5	GA	1870	
j	279	0.7	0.12	0.01	GA	2010	1.4	1.0	0.2	없음	995	1.4	2.1	1.0	GA	2010	
k	990	1.6	2.5	1.5	GA	1870	1.6	1.0	0.2	없음	1870	1.6	1.0	0.2	없음	1870	
l	990	1.6	2.5	1.5	GA	2010	1.4	1.0	0.2	없음	2010	1.4	1.0	0.2	없음	2010	

* GA: 황금화 용융 아연 도금 강판
 * GI: 용융 아연 도금 강판
 * EG: 전기 아연 도금 강판

[0203]

표 2

No.	반 세트 No.	C _g (mass%)	TSmax (MPa)	TSmin (MPa)	가압력 (kN)	본용접 공정		후용접 공정		용접 조건		C _g (mass%)	L (μm)	(3) 식의 최대 부피	(4) 식의 최대 부피	(5) 식의 최대 부피	공정 평가	비고							
						경유값 Jm (kA)	동전 시간 (ms)	경유값 Jp (kA)	동전 시간 (ms)	시공 조건	시공 시간 (ms)								Jm (kA)	Jp (kA)	tp (ms)				
1	a	1.5	990	990	3.0	7.0	300	160	10.0	50	2	300	(a)	타라 5 도	7.0	10.0	100	85.2	200	41.0	1.0	204	80	A	본 발명에
2	b	1.2	1502	279	5.0	8.0	420	100	8.2	70	6	200	(a),(d)	타라 6 도, 판-판 간극 1mm	8.0	8.2	420	82.0	400	26.4	5.4	441	74	A	본 발명에
3	c	1.4	1203	270	4.0	6.0	480	80	7.0	60	10	80	(a)	타라 7 도	6.0	7.0	600	80.1	480	21.4	4.5	817	78	A	본 발명에
4	b	1.2	1502	279	4.2	7.5	500	60	4.0	300	1	40	(c)	전극-판 간극 2mm	7.5	4.0	300	24.3	400	26.4	5.4	85	74	B	본 발명에
5	c	1.4	1203	270	4.0	6.0	480	40	4.5	300	1	80	(a)	타라 7 도	6.0	4.5	300	25.0	400	26.8	4.5	169	78	B	본 발명에
6	b	1.2	1502	279	4.0	6.5	480	—	3.0	200	0	40	(c)	전극-판 간극 2mm	6.5	3.0	200	19.1	480	21.3	5.4	43	74	F	비교예
7	c	1.4	1203	270	4.0	6.0	480	40	3.0	200	1	80	(a)	타라 7 도	6.0	3.0	200	18.0	480	21.4	4.5	50	78	F	비교예
8	d	0.5	995	275	3.0	5.5	380	50	5.0	40	5	100	(b)	전극의 어긋남량 1mm	5.5	5.0	200	80.0	350	27.5	3.6	165	60	A	본 발명에
9	e	1.0	780	270	3.5	7.0	400	20	9.0	20	6	300	(a)	타라 6 도	7.0	9.0	120	70.2	100	44.0	2.9	198	70	A	본 발명에
10	c	1.4	1203	270	4.0	6.5	400	—	3.0	100	0	60	(a)	타라 7 도	6.5	3.0	100	15.2	600	13.2	4.5	21	78	F	비교예
11	f	1.5	1020	270	4.0	7.0	460	—	5.0	400	0	80	(a)	타라 5 도	7.0	5.0	400	21.0	480	21.4	3.8	204	80	B	본 발명에
12	b	1.2	1502	279	6.0	7.0	300	300	8.0	40	3	200	(e)	단 시공 6mm	7.0	8.0	120	60.3	350	29.6	5.4	157	74	A	본 발명에
13	b	1.2	1502	279	4.0	7.5	400	300	8.0	60	2	100	(a)	타라 11 도	7.5	8.0	120	21.0	480	21.3	5.4	137	74	B	본 발명에
14	g	1.2	1502	279	5.0	9.0	500	100	8.2	70	6	200	(a),(d)	타라 6 도, 판-판 간극 1mm	9.0	8.2	420	81.0	400	26.4	5.4	349	74	A	본 발명에
15	h	1.2	1502	279	5.0	9.0	500	100	8.2	70	6	200	(a),(d)	타라 6 도, 판-판 간극 1mm	9.0	8.2	420	83.0	400	26.4	5.4	349	74	A	본 발명에
16	i	0.5	1870	279	4.5	8.5	400	80	9.5	60	5	200	(a)	타라 5 도	8.5	9.5	300	78.0	300	30.0	6.7	375	60	A	본 발명에
17	j	1.0	2010	279	5.0	7.5	420	80	9.0	60	5	180	(a),(c)	타라 5 도, 전극-판 간극 1mm	7.5	9.0	300	83.0	400	26.0	7.2	432	70	A	본 발명에
18	k	1.5	1870	990	4.5	6.5	280	160	10.0	60	4	100	(a)	타라 5 도	6.5	10.0	240	92.0	80	49.4	1.9	568	80	A	본 발명에
19	l	1.5	2010	990	5.0	7.0	330	80	10.0	60	6	140	(a)	타라 5 도	7.0	10.0	360	80.0	200	41.0	2.0	735	80	A	본 발명에
20	c	1.4	1203	270	4.0	6.0	480	80	11.0	60	3	80	(a)	타라 7 도	6.0	11.0	180	27.0	450	23.4	4.5	605	78	A	본 발명에
21	c	1.4	1203	270	4.0	6.0	480	80	13.0	60	3	80	(a)	타라 7 도	6.0	13.0	180	22.0	450	23.4	4.5	845	78	B	본 발명에

*1. C_g ≧ [L × (20 + C_g × 10) / 500] + 40 + C_g × 10 ... (3)

*2. TSmax / TSmin ≧ 1.2 ... (4)

*3. (Jp / Jm)² × tp ≧ 20 × C_g + 50 ... (5)

[0204]

[0205]

표 2 에 나타내는 바와 같이, 본 발명예가 되는 용접 부재에서는, LEM 균열의 평가 결과가 모두 A 또는 B 이고, LEM 균열의 억제에 되어 있던 것을 알 수 있었다.

부호의 설명

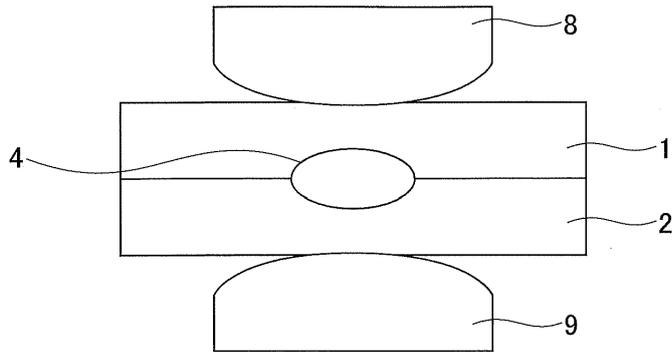
[0206]

- 1, 2, 3 : 강판
- 4 : 용접부
- 4a : 너깃
- 4b : 용접 열 영향부

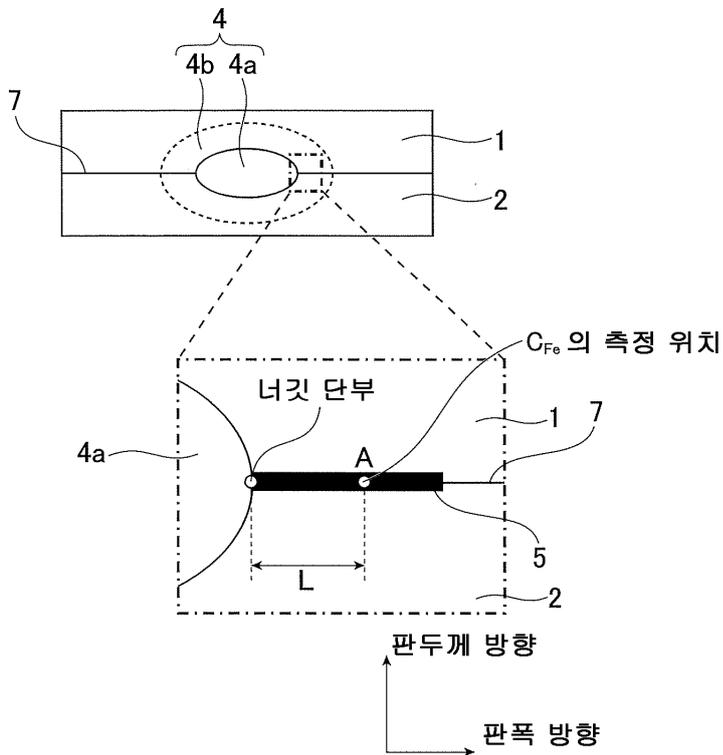
- 5 : Zn 합금층
- 6 : 저항 스폿 용접 부재
- 7 : 강판의 접합면
- 8, 9 : 용접 전극

도면

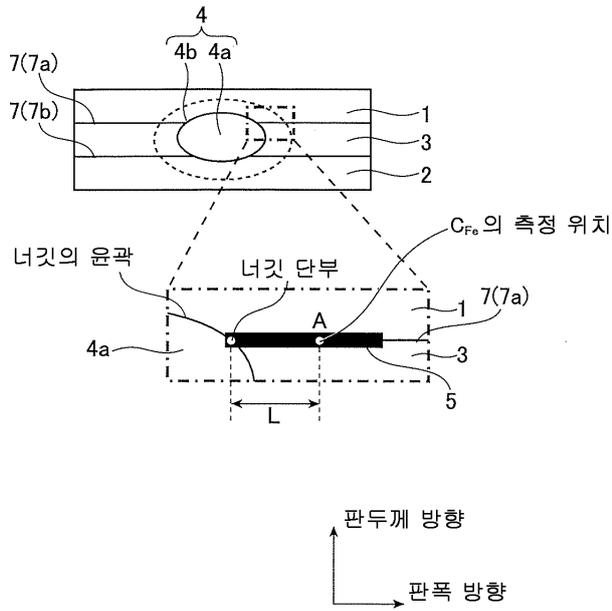
도면1



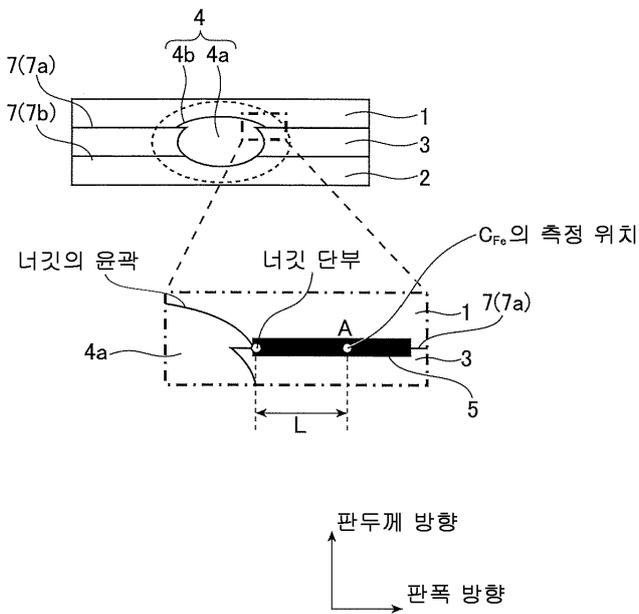
도면2



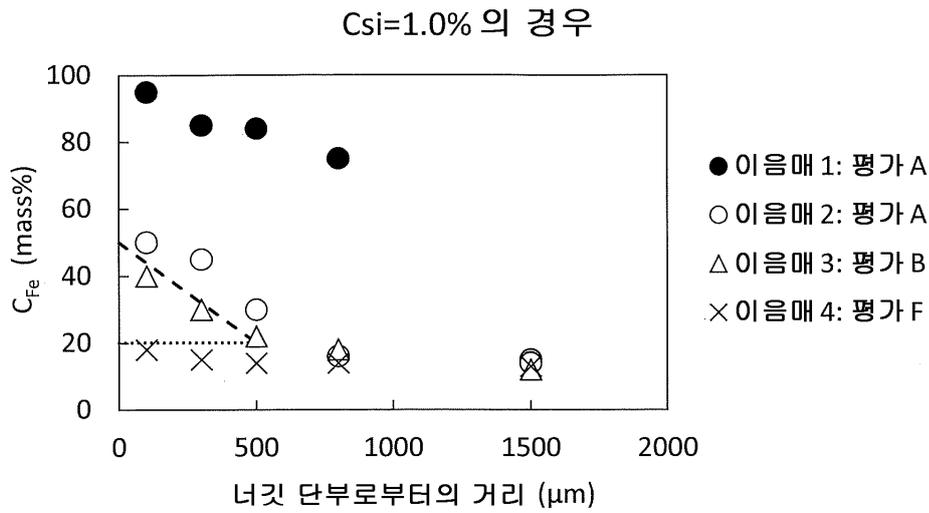
도면3



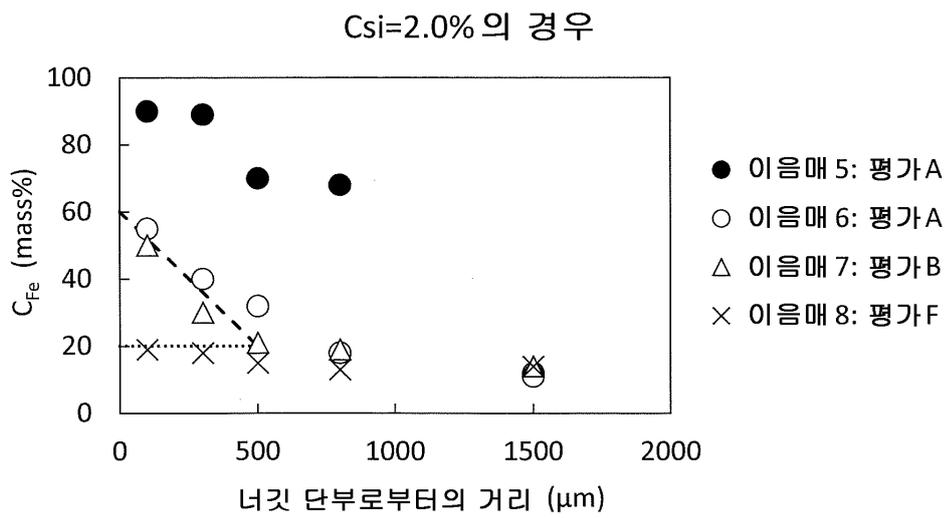
도면4



도면5



도면6



도면7

