



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0119314
(43) 공개일자 2024년08월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 11/14 (2006.01) C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/60 (2006.01) C23C 2/02 (2006.01)
C23C 2/06 (2006.01) C23C 2/40 (2006.01)
C23C 28/02 (2006.01) C25D 5/48 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B23K 11/14 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7023308
- (22) 출원일자(국제) 2022년11월25일
심사청구일자 2024년07월11일
- (85) 번역문제출일자 2024년07월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2022/043505
- (87) 국제공개번호 WO 2023/139923
국제공개일자 2023년07월27일
- (30) 우선권주장
JP-P-2022-006256 2022년01월19일 일본(JP)

- (71) 출원인
제이에프이 스틸 가부시카가이샤
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
- (72) 발명자
다카시마 카츠토시
일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산부 나이
야마모토 슌스케
일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산부 나이
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
이철

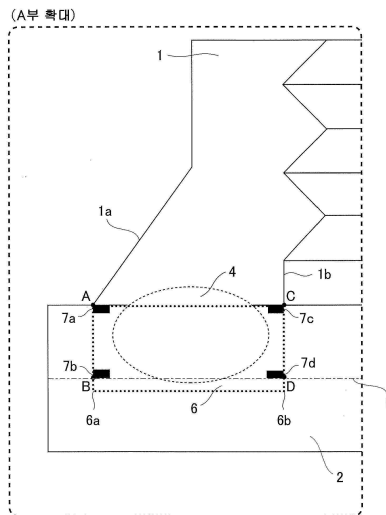
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 프로젝션 용접 조인트 및 프로젝션 용접 방법

(57) 요약

프로젝션 용접 조인트 및 프로젝션 용접 방법의 제공을 목적으로 한다. 본 발명은, 고강도 도금 강판과 너트가 프로젝션 용접된 용접 조인트로서, 접합부의 최외주부에서 강판 표층의 제1 영역에 있어서의 고용 Mn량이, 접합부의 최외주부에서 강판 중앙부의 제2 영역에 있어서의 고용 Mn량에 대하여 40% 이하이고, 또한, 접합부의 최내주부에서 강판 표층의 제3 영역에 있어서의 고용 Mn량이, 접합부의 최내주부에서 강판 중앙부의 제4 영역에 있어서의 고용 Mn량에 대하여 40% 이하이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C22C 38/60 (2013.01)

C23C 2/02 (2024.05)

C23C 2/06 (2013.01)

C23C 2/40 (2013.01)

C23C 28/02 (2013.01)

C25D 5/48 (2013.01)

(72) 발명자

가나자와 토모미

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테키자이산
부 나이

호시노 카츠야

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테키자이산
부 나이

마츠다 히로시

일본국 도쿄토 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반
3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테키자이산
부 나이

명세서

청구범위

청구항 1

고강도 도금 강판과 너트가 프로젝션 용접된 용접 조인트로서,

접합부의 최외주부에서 접합 계면상의 위치를 점 A, 접합부의 최외주부에서 상기 고강도 도금 강판의 판두께 중앙부의 위치를 점 B, 접합부의 최내주부에서 접합 계면상의 위치를 점 C, 접합부의 최내주부에서 상기 고강도 도금 강판의 판두께 중앙부의 위치를 점 D로 하고,

당해 점 A에서 접합 계면상을 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 A에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 제1 영역으로 하고,

당해 점 B에서 접합 계면과 평행으로 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 B에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 제2 영역으로 하고,

당해 점 C에서 접합 계면상을 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 C에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 제3 영역으로 하고,

당해 점 D에서 접합 계면과 평행으로 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 D에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 제4 영역으로 할 때,

상기 제1 영역의 고용 Mn량이, 상기 제2 영역의 고용 Mn량에 대하여 40% 이하, 또한, 상기 제3 영역의 고용 Mn량이, 상기 제4 영역의 고용 Mn량에 대하여 40% 이하이고,

상기 고강도 도금 강판이, 질량%로,

C: 0.10~0.40%,

Si: 0.8~2.5%,

Mn: 2.0~4.0%,

P: 0.05% 이하,

S: 0.004% 이하,

Al: 0.01~1.00%,

N: 0.010% 이하

를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고,

상기 고강도 도금 강판의 도금층과 모재의 사이에는, 하지층으로서 프리도금층을 갖는, 프로젝션 용접 조인트.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고강도 도금 강판의 상기 성분 조성이, 추가로, 질량%로,

Nb: 0.050% 이하,

Ti: 0.050% 이하,

V: 0.05% 이하,

Cr: 1.0% 이하,

Mo: 0.50% 이하,

Cu: 0.50% 이하,

Ni: 0.50% 이하,
 Sb: 0.020% 이하,
 B: 0.010% 이하,
 Ca: 0.0050% 이하,
 REM: 0.0050% 이하

로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유하는, 프로젝션 용접 조인트.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 고강도 도금 강판의 상기 도금층이, 용융 아연 도금층 또는 합금화 용융 아연 도금층인, 프로젝션 용접 조인트.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 고강도 도금 강판의 상기 프리도금층이, 편면당의 부착량을 0.5g/m² 이상으로 하는 Fe계 전기 도금층인, 프로젝션 용접 조인트.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 고강도 도금 강판의 인장 강도가 780MPa 이상인, 프로젝션 용접 조인트.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 기재된 프로젝션 용접 조인트의 프로젝션 용접 방법으로서,

상기 고강도 도금 강판과 상기 너트를, 한 쌍의 전극으로 사이에 끼우고, 가압하면서 통전하는 저항 용접에 의해 접합할 때에,

주통전 공정으로서, 당해 저항 용접의 평균 용접 전류값 I_w (kA) 및 통전 시간 T_w (s)가 식 (1)의 관계를 충족하는, 프로젝션 용접 방법.

$$5 \leq I_w \leq 2.2/T_w \quad \dots (1)$$

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 주통전 공정 후에 후통전 공정을 갖고,

당해 후통전 공정으로서,

상기 주통전 공정 후에 0.02s 이상의 냉각 시간을 설정하는 냉각 과정과,

이어서, 상기 저항 용접의 평균 용접 전류값 I_{w2} (kA) 및 통전 시간 T_{w2} (s)가 식 (2) 및 식 (3)의 관계를 충족하는 통전 과정

을 갖는, 프로젝션 용접 방법.

$$0 < I_{w2} \leq 0.5/T_{w2} \quad \dots (2)$$

$$I_{w2} < I_w \quad \dots (3)$$

여기에서, 식 (2) 및 식 (3)에 나타내는, I_w 는 주통전 공정의 평균 용접 전류값(kA)으로 하고, I_{w2} 는 후통전 공정의 평균 용접 전류값(kA)으로 하고, T_{w2} 는 후통전 공정의 통전 시간(s)으로 한다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 프로젝션 용접 조인트 및 프로젝션 용접 방법에 관한 것이다. 본 발명은, 특히, 자동차 등의 구조 부품(structural parts)의 부재로서 적합하고, 고강도 도금 강판과 너트(nut)를 프로젝션 용접에 의해 접합한 프로젝션 용접 조인트에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 환경 문제의 고조로부터 CO₂ 배출 규제가 엄격화되고 있고, 자동차 분야에 있어서는 연비 향상을 위한 차체의 경량화가 과제가 되고 있다. 그 때문에 자동차 부품으로의 고강도 강판의 적용에 의한 자동차 부품의 박육화가 진행되고 있고, 인장 강도(TS)가 780MPa 이상인 강판의 적용이 진행되고 있다. 또한, 내식성(corrosion-resistant)의 관점에서, 빗물에 노출되는 자동차 부품의 부위에는, 아연 등의 방청능을 갖는 도금 강판이 사용된다.

[0003] 여기에서, 자동차를 조립하기 위해서는 비용이나 제조 효율의 관점에서, 프레스 성형된 프레스 성형 부품을 저항 용접(resistance welding)에 의해 조합하는 경우가 많다. 자동차 조립 공정의 대부분은 저항 용접 내에서도 특히 저항 스팟 용접에 의해 조립되지만, 일부, 저항 스팟 용접기(resistance spot welding)의 용접 건(welding gun)이 들어갈 수 없는 좁은 장소에서는 볼트 체결에 의해 조립된다.

[0004] 또한, 고강도 강판과 이중재(예를 들면, 알루미늄이나 수지 등)와의 접합에도, 볼트 체결에 의해 조립되는 경우가 증가하고 있다. 이러한 경우는, 고강도 강판에 프로젝션부를 갖는 너트를 저항 용접하고, 그 후에 다른 판(상기의 이중재)을 볼트로 체결하여 조립된다.

[0005] 이와 같이 볼트 체결을 행하는 경우, 저항 용접 후의 용접 조인트에 있어서의 너트와 고강도 강판과의 박리 강도가 낮으면, 볼트 체결 후에 얻어지는 자동차 부품의 사용 중에 과다해 버리기 때문에, 박리 강도의 확보가 필요하다. 또한, 볼트로 체결했을 때에는, 자동차 차체 전체의 강성을 유지하기 위해 항상 체결부에 응력이 가해진 상태가 되고, 이에 따라, 사용 환경으로부터 침입하는 수소에 기인하는 지연 파괴(delayed fracture)(수소 취화(hydrogen embrittlement))가 우려된다.

[0006] 종래, 너트의 프로젝션 용접 후의 용접 조인트의 박리 강도를 향상시키는 수단으로서, 예를 들면 특허문헌 1 및 특허문헌 2를 들 수 있다. 특허문헌 1에는, 용접 조건을 제어하는 것, 구체적으로는, 통전 초기 단계에 있어서 업 슬로프(up-slope)나 예비 통전을 행하고, 또한 용접 통전의 직후에 가압력을 증가시킴으로써, 박리 강도를 개선하는 기술이 개시되어 있다.

[0007] 특허문헌 2에는, 높은 경도가 되는 영역의 면적, 구체적으로는, 용접 열 영향부의 강판 표면에 수직인 단면에서의 경도 분포에 있어서, 비커스 경도(Vickers hardness)가 400Hv 이상인 영역의 면적이, 관두께와의 관계에 있어서 특정의 관계식을 만족하도록 확보함으로써, 박리 강도를 개선하는 기술이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본특허 제5708350호 공보
(특허문헌 0002) 일본공개특허공보 2010-115678호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 상기의 어느 종래 기술에서도, 박리 강도는 증가한다. 그러나, 특허문헌 1 및 특허문헌 2의 기술에서는, 너트와 고강도 강판의 계면이, 수소 취화 감수성이 높은 강판 조직이 되기 때문에, 강판과 너트를 용접한 용접 조인

트의 내(耐)지연 파괴 특성이 저하하는 문제가 있다. 그 때문에, 고강도 도금 강판을 이용한 너트의 프로젝션 용접 후의 용접 조인트에는, 박리 강도의 향상과 내지연 파괴 특성의 확보를 양립하는 것이 요구되고 있다.

[0010] 본 발명은, 전술의 실정을 감안하여 이루어진 것으로, 고강도 도금 강판과 너트의 프로젝션 용접 후에 있어서의, 박리 강도의 향상과 내지연 파괴 특성의 향상을 양립한, 프로젝션 용접 조인트 및 프로젝션 용접 방법의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명자들은, 상기의 실정을 감안하여 예의 검토를 거듭했다. 그 결과, 인장 강도가 780MPa 이상인 도금 강판(고강도 도금 강판)을 포함하는 프로젝션 용접 조인트(예를 들면, 자동차용 부재)에 있어서의, 박리 강도 및 내지연 파괴 특성을 향상시키기 위한 인식을 얻었다.

[0012] 즉, 강판 표층에 연질층을 갖는 고강도 도금 강판을 이용하여, 이 고강도 도금 강판과 너트를 최적의 용접 조건으로 프로젝션 용접을 행함으로써, 박리 강도와 내지연 파괴 특성이 우수한 프로젝션 용접 조인트를 얻을 수 있는 것을 발견했다.

[0013] 프로젝션 용접에서는, 저항 용접 시의 발열에 의해, 강판과 너트의 접촉면이 용융하여 접합부(프로젝션 접합부. 이하, 「접합부」라고 칭하는 경우도 있음)가 형성된다. 프로젝션 용접 조인트의 박리 강도를 충분히 얻기 위해서는, 프로젝션 접합부로서, 당해 접촉면에, 너겟(nugget)을 형성하는 것(도 1을 참조), 혹은 강고한 접합 계면을 얻는 것(도 3을 참조)이 중요하다. 그러나, 당해 접촉면의 전체면에 너겟 혹은 강고한 접합 계면이 생기면, 접촉면의 전체면에 수소 취화 감수성이 높은 강판 조직이 형성되게 되고, 그 결과, 내지연 파괴 특성이 저하한다. 그것을 해소하기 위해서는, 프로젝션 접합부의 최외주 근방 및 최내주 근방에 있어서의 강판 표층의 고용 Mn량을 제어하여 연질층으로 하고, 또한, 프로젝션 접합부의 중앙부를 너겟 혹은 강고한 접합 계면으로 한다. 이에 따라, 그의 계면에(즉, 연질층과, 너겟 혹은 강고한 접합 계면과의 경계에) 수소 감수성이 낮은 강판 조직을 형성하여, 프로젝션 접합부의 응력 집중을 억제한다. 그 결과, 프로젝션 용접 조인트의 내지연 파괴 특성과 박리 강도의 양립이 가능한 것을 발견했다. 또한, 상기 고용 Mn량을 억제하기 위한 적절한 용접 조건이 있는 것을 발견했다.

[0014] 본 발명은, 상기의 인식에 입각하는 것으로, 이하를 요지로 하는 것이다.

[0015] [1] 고강도 도금 강판과 너트가 프로젝션 용접된 용접 조인트로서,

[0016] 접합부의 최외주부에서 접합 계면상의 위치를 점 A, 접합부의 최외주부에서 상기 고강도 도금 강판의 판두께 중앙부의 위치를 점 B, 접합부의 최내주부에서 접합 계면상의 위치를 점 C, 접합부의 최내주부에서 상기 고강도 도금 강판의 판두께 중앙부의 위치를 점 D로 하고,

[0017] 당해 점 A에서 접합 계면상을 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 A에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 제1 영역으로 하고,

[0018] 당해 점 B에서 접합 계면과 평행으로 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 B에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 제2 영역으로 하고,

[0019] 당해 점 C에서 접합 계면상을 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 C에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 제3 영역으로 하고,

[0020] 당해 점 D에서 접합 계면과 평행으로 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 D에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 제4 영역으로 할 때,

[0021] 상기 제1 영역의 고용 Mn량이, 상기 제2 영역의 고용 Mn량에 대하여 40% 이하, 또한, 상기 제3 영역의 고용 Mn량이, 상기 제4 영역의 고용 Mn량에 대하여 40% 이하이고,

[0022] 상기 고강도 도금 강판이, 질량%로,

[0023] C: 0.10~0.40%,

[0024] Si: 0.8~2.5%,

[0025] Mn: 2.0~4.0%,

[0026] P: 0.05% 이하,

- [0027] S: 0.004% 이하,
- [0028] Al: 0.01~1.00%,
- [0029] N: 0.010% 이하
- [0030] 를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성을 갖고,
- [0031] 상기 고강도 도금 강판의 도금층과 모재(base steel)의 사이에는, 하지(下地)층으로서 프리도금층(precoated layer)을 갖는, 프로젝션 용접 조인트.
- [0032] [2] 상기 고강도 도금 강판의 상기 성분 조성이, 추가로, 질량%로,
- [0033] Nb: 0.050% 이하,
- [0034] Ti: 0.050% 이하,
- [0035] V: 0.05% 이하,
- [0036] Cr: 1.0% 이하,
- [0037] Mo: 0.50% 이하,
- [0038] Cu: 0.50% 이하,
- [0039] Ni: 0.50% 이하,
- [0040] Sb: 0.020% 이하,
- [0041] B: 0.010% 이하,
- [0042] Ca: 0.0050% 이하,
- [0043] REM: 0.0050% 이하
- [0044] 로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유하는, [1]에 기재된 프로젝션 용접 조인트.
- [0045] [3] 상기 고강도 도금 강판의 상기 도금층이, 용융 아연 도금층 또는 합금화 용융 아연 도금층인, [1] 또는 [2]에 기재된 프로젝션 용접 조인트.
- [0046] [4] 상기 고강도 도금 강판의 상기 프리도금층이, 편면당의 부착량을 0.5g/m² 이상으로 하는 Fe계 전기 도금층인, [1]~[3] 중 어느 하나에 기재된 프로젝션 용접 조인트.
- [0047] [5] 상기 고강도 도금 강판의 인장 강도가 780MPa 이상인, [1]~[4] 중 어느 하나에 기재된 프로젝션 용접 조인트.
- [0048] [6] [1]~[5] 중 어느 하나에 기재된 프로젝션 용접 조인트의 프로젝션 용접 방법으로서,
- [0049] 상기 고강도 도금 강판과 상기 너트를, 한 쌍의 전극으로 사이에 끼우고, 가압하면서 통전하는 저항 용접에 의해 접합할 때에,
- [0050] 주통전 공정(main energizing process)으로서, 당해 저항 용접의 평균 용접 전류값 Iw(kA) 및 통전 시간 Tw(s)가 식 (1)의 관계를 충족하는, 프로젝션 용접 방법.
- [0051] $5 \leq Iw \leq 2.2/Tw \quad \dots (1)$
- [0052] [7] 상기 주통전 공정 후에 후통전 공정(post-energizing process)을 갖고,
- [0053] 당해 후통전 공정으로서,
- [0054] 상기 주통전 공정 후에 0.02s 이상의 냉각 시간을 설정하는 냉각 과정과,
- [0055] 이어서, 상기 저항 용접의 평균 용접 전류값 Iw2(kA) 및 통전 시간 Tw2(s)가 식 (2) 및 식 (3)의 관계를 충족하는 통전 과정
- [0056] 을 갖는, [6]에 기재된 프로젝션 용접 방법.
- [0057] $0 < Iw2 \leq 0.5/Tw2 \quad \dots (2)$

- [0058] $Iw2 < Iw$. . . (3)
- [0059] 여기에서, 식 (2) 및 식 (3)에 나타내는, Iw 는 주통전 공정의 평균 용접 전류값(kA)으로 하고, $Iw2$ 는 후통전 공정의 평균 용접 전류값(kA)으로 하고, $Tw2$ 는 후통전 공정의 통전 시간(s)으로 한다.
- [0060] 또한, 본 발명에 있어서의 「우수한 박리 강도」란, 후술하는 실시예에 기재한 바와 같이, JIS B1196:2001에 준거한 압입 박리 시험에 의해 측정된 박리 강도(FL)가 7.0kN 이상인 경우를 가리킨다.
- [0061] 본 발명에 있어서의 「우수한 내지연 파괴 특성」이란, 후술하는 실시예에 기재한 바와 같이, 얻어진 프로젝션 용접 조인트를, 볼트에 의해 (0.85×FL)의 하중을 부하시킨 상태로 하여, 실온에서 염산(pH=1.0)의 용액에 침지한 후에 너트와 고강도 도금 강관의 박리의 유무를 조사하여, 100시간 이상 경과해도 너트와 고강도 도금 강관이 박리하지 않는 경우, 또한, 얻어진 프로젝션 용접 조인트를, 볼트에 의해 (0.65×FL)의 하중을 부하시킨 상태로 하여, 실온에서 염산(pH=1.0)의 용액에 침지한 후에 너트와 고강도 도금 강관의 박리의 유무를 조사하여, 100시간 이상 경과해도 너트와 고강도 도금 강관이 박리하지 않는 경우를 가리킨다.
- [0062] 상기의 프로젝션 용접 조인트에는, 예를 들면, M6 너트를 강관에 프로젝션 용접한 후의 용접 조인트를 이용한다. 또한, 「M6 너트」란, 볼트의 나사부의 호칭 지름(최대 지름, 나사산부의 외경)이 6mm인 볼트에 나사 결합하는 너트를 가리킨다. 이 「M〇」란, JISB0205: 2001에서 정해진 미터 나사의 「나사의 호칭」이고, 나사부의 최대 지름 〇mm에 「M」을 붙여 나타낸다.

발명의 효과

- [0063] 본 발명에 의하면, 프로젝션 용접 조인트가 우수한 박리 강도 및 우수한 내지연 파괴 특성을 겸비할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0064] 도 1은, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 프로젝션 용접 조인트를 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- 도 2는, 도 1에 나타내는 프로젝션 용접 조인트의 프로젝션 접합부 및 그의 주변을 확대한 단면도이다.
- 도 3은, 본 발명의 다른 실시 형태에 따른 프로젝션 용접 조인트를 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- 도 4는, 도 3에 나타내는 프로젝션 용접 조인트의 프로젝션 접합부 및 그의 주변을 확대한 단면도이다.
- 도 5는, 본 발명의 프로젝션 용접 조인트의 용접 전의 상태를 개략적으로 나타내는 정면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0065] (발명을 실시하기 위한 형태)
- [0066] 이하, 본 발명에 대해서 설명한다. 또한, 본 발명은, 이 실시 형태에 한정되지 않는다.
- [0067] [프로젝션 용접 조인트]
- [0068] 우선, 도 1~도 4를 참조하여, 본 발명의 프로젝션 용접 조인트를 설명한다.
- [0069] 도 1~도 4에는, 본 발명의 프로젝션 용접 조인트(10)의 관두께 방향 단면도를 나타낸다. 도 1 및 도 2에는, 일 예로서, 강관과 너트의 접촉면에 괴(塊) 형상(lump shape)의 프로젝션 접합부가 형성된 용접 조인트를 나타낸다. 도 3 및 도 4에는, 다른 예로서, 강관과 너트의 접촉면에 막 형상의 프로젝션 접합부가 형성된 용접 조인트를 나타낸다. 또한, 도 1~도 4는 모두, 너트(1)와 고강도 도금 강관(2)이 접합된 상태를 나타내고 있다.
- [0070] 본 발명은, 고강도 도금 강관(2)에 너트(1)가 프로젝션 용접에 의해 접합된 프로젝션 용접 조인트(10)(이하, 「용접 조인트」라고 칭함)이다. 고강도 도금 강관(2)에는, 후술하는 성분 조성의 도금 강관을 이용한다. 또한, 도 1~도 4에 나타내는 예에서는, 고강도 도금 강관(2)의 도금층의 도시를 생략하고 있다. 각 도면에 나타내는 바와 같이, 고강도 도금 강관(2)과 너트(1)의 프로젝션부(도 5의 부호 3을 참조)와의 접합면에는, 이하에 설명하는 프로젝션 접합부(이하, 「접합부」라고 칭함)(6)가 형성된다. 또한, 상기의 프로젝션부란, 용접 시에 강관에 밀어붙이는 돌기부를 가리킨다.
- [0071] [프로젝션 접합부]
- [0072] 도 2 및 도 4를 이용하여, 본 발명의 용접 조인트에 있어서의 접합부의 원소 분포에 대해서 상세하게 설명한다. 도 2에는, 도 1에 나타내는 A부의 확대도를 나타내고 있고, 접합부(6) 및 그의 주변을 설명하는 관두께 방향 단

면도를 나타낸다. 도 4에는, 도 3에 나타내는 B부의 확대도를 나타내고 있고, 접합부(6) 및 그 주변을 설명하는 판두께 방향 단면도를 나타낸다.

- [0073] 도 2에 나타내는 예에서는, 고강도 도금 강판(2)과 너트(1)의 접촉면에 괴 형상(4)의 접합 영역(너겟과 동일한 의미. 이하, 「너겟」이라고 칭함)을 갖는 접합부(6)가 형성된다. 도 2에 나타내는 접합부(6)는, 그의 중앙에 너겟(4)이 형성되고, 너겟(4)의 외측의 영역에 고상(solid-phase) 용접된 링 형상의 열 영향부가 형성된다.
- [0074] 도 4에 나타내는 예에서는, 고강도 도금 강판(2)과 너트(1)의 접촉면에 막 형상(5)의 접합 영역(이하, 「강고한 접합 계면」이라고 칭함)을 갖는 접합부(6)가 형성된다. 도 4에 나타내는 접합부(6)는, 고강도 도금 강판과 너트와의 접촉면 양단을 제외한 영역에 강고한 접합 계면(5)이 형성되고, 강고한 접합 계면(5)의 외주에 열 영향부가 형성된다.
- [0075] 또한, 도 2에 나타내는 접합부(6)에서도, 도 4에 나타내는 접합부(6)에서도, 동일한 작용 효과를 얻을 수 있다.
- [0076] 전술과 같이, 너트(1)와 고강도 도금 강판(2)의 접촉면의 전체면에, 너겟(4)이나 강고한 접합 계면(5)이 형성되면, 내지연 파괴 특성이 저하한다. 그래서, 본 발명자들은, 접합부(6)의 최외주부(6a) 근방 및 최내주부(6b) 근방을 정밀 조사하고, 그 결과, 강판 표층의 고용 Mn량을 제어하는 것이 내지연 파괴 특성의 저하의 방지에 유효하다는 것을 알았다. 즉, 접합부(6)의 최외주부(6a) 및 최내주부(6b)의 근방의 강판 표층의 영역에 있어서, 고용 Mn량을 적절한 범위로 조정함으로써 연화층을 형성하고, 이에 따라 용접 조인트(10)가 우수한 박리 강도 및 내지연 파괴 특성을 겸비하는 것을 발견했다.
- [0077] 여기에서, 「접합부(6)의 최외주부(6a)」란, 도 2 및 도 4에 나타내는 바와 같이, 너트(1)의 테이퍼부(1a)의 외연측이고, 또한 접합부(6)와 고강도 도금 강판(2)의 모재와의 경계를 가리킨다. 「접합부(6)의 최내주부(6b)」란, 너트(1)의 나사공(1b)측이고, 또한 접합부(6)와 고강도 도금 강판(2)의 모재와의 경계를 가리킨다.
- [0078] 구체적으로는, 도 2에 나타내는 바와 같이 접합부(6)가 괴 형상의 접합 영역이 되는 예에서는, 접합부(6)의 최외주부(6a)에서 접합 계면상의 위치를 점 A로 하고, 접합부(6)의 최외주부(6a)에서 고강도 도금 강판(2)의 판두께 중앙부(8)의 위치를 점 B로 하고, 접합부(6)의 최내주부(6b)에서 접합 계면상의 위치를 점 C로 하고, 접합부(6)의 최내주부(6b)에서 고강도 도금 강판(2)의 판두께 중앙부(8)의 위치를 점 D로 한다.
- [0079] 상기의 점 A에서 접합 계면상을 접합부 중앙(접합부(6)의 중심)을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 A에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 「제1 영역(7a)」이라고 정의한다. 또한, 상기의 점 B에서 접합 계면과 평행으로 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 B에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 「제2 영역(7b)」이라고 정의한다. 또한, 상기의 점 C에서 접합 계면상을 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 C에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 「제3 영역(7c)」이라고 정의한다. 또한, 상기의 점 D에서 접합 계면과 평행으로 접합부 중앙을 향하여 50 μ m까지의 범위, 또한, 당해 점 D에서 판두께 방향으로 5 μ m까지의 범위로 둘러싸인 영역을 「제4 영역(7d)」이라고 정의한다.
- [0080] 또한, 제2 영역(7b)은 제1 영역(7a)의 바로 아래에 위치하고, 제4 영역(7d)은 제3 영역(7c)의 바로 아래에 위치한다. 전술의 「점 A 및 점 C에서 판두께 방향으로 5 μ m까지」란, 점 A 및 점 C에서 판두께 방향으로 판두께 중앙부(8)를 향하여 5 μ m까지를 의미한다. 전술의 「점 B 및 점 D에서 판두께 방향으로 5 μ m까지」란, 점 B 및 점 D에서 판두께 방향으로 접합 계면을 향하여 5 μ m까지를 의미한다.
- [0081] 도 4에 나타내는 바와 같이 접합부(6)가 막 형상의 접합 영역이 되는 예에서도, 도 2를 이용하여 설명한 것과 마찬가지로, 각 영역을 제1 영역(7a)~제4 영역(7d)이라고 정의한다.
- [0082] 본 발명에서는, 제1 영역(7a)의 고용 Mn량(질량%)을, 제2 영역(7b)의 고용 Mn량(질량%)에 대하여 40% 이하로 하고, 또한, 제3 영역(7c)의 고용 Mn량(질량%)을, 제4 영역(7d)의 고용 Mn량(질량%)에 대하여 40% 이하로 한다.
- [0083] 우수한 박리 강도 및 우수한 내지연 파괴 특성을 확보하기 위해서는, 접합부(6)의 최외주부(6a) 및 최내주부(6b)에 있어서의, 판두께 중앙부(8)(판두께(t)의 1/2t 위치)에 대한 강판 표층의 고용 Mn량의 비율이, 각각 40% 이하로 하는 것이 필요하다. 상기 비율이 40%를 초과하면, 입계(grain boundaries) 근방의 Mn 편석이 과잉이 되고, 그 결과, 국소적으로 큰 소성 변형이 일어나기 때문에, 내지연 파괴 특성이 저하한다. 또한, 인성이 저하함으로써 응력 집중이 커지기 때문에, 박리 강도가 저하한다. 이러한 이유로부터, 상기 비율은 40% 이하로 한다. 상기 비율은, 바람직하게는 35% 이하로 하고, 보다 바람직하게는 20% 미만으로 하고, 더욱 바람직

하계는 18% 이하로 한다.

- [0084] 또한, 상기 비율의 하한은 특별히 규정하지 않는다. 모재의 강도 확보의 관점에서는, 바람직하게는 1% 이상으로 하고, 보다 바람직하게는 2% 이상으로 하고, 더욱 바람직하게는 7% 이상으로 한다.
- [0085] 본 발명에 있어서, 상기의 고용 Mn량은, 후술하는 실시예에 기재된 방법으로, 측정할 수 있다.
- [0086] [고강도 도금 강판]
- [0087] 본 발명의 용접 조인트에 있어서의, 고강도 도금 강판의 모재부의 성분 조성의 한정 이유에 대해서 설명한다. 이 성분 조성은, 인장 강도가 780MPa 이상인 도금 강판의 성분 조성으로서 적합하다. 또한, 이하의 설명에 있어서, 성분 조성의 「%」표시는, 특별히 언급하지 않는 한 질량%를 의미한다.
- [0088] C: 0.10~0.40%
- [0089] C는, 박리 강도의 고강도화에 유효한 원소이다. C 함유량이 0.10% 미만에서는, 프로젝션 용접 후의 마르텐사이트의 경도가 낮기 때문에, 박리 강도가 저하한다. 따라서, C 함유량은, 0.10% 이상으로 하고, 바람직하게는 0.12% 이상으로 한다. 한편, C는 0.40%를 초과하여 함유하면, 프로젝션 용접 후의 마르텐사이트 자기 템퍼링(self-tempering)이 불충분해지기 때문에, 내지연 파괴 특성이 현저하게 저하한다. 따라서, C 함유량은, 0.40% 이하로 하고, 바람직하게는 0.38% 이하로 한다.
- [0090] Si: 0.8~2.5%
- [0091] Si는, Mn 편석을 완화시킴으로써, 강판의 관두께 방향의 경도 분포를 완화시키는 효과가 있기 때문에, 프로젝션 용접성을 향상시킨다. 그 효과를 얻기 위해서는, 0.8% 이상의 Si의 함유가 필요하다. Si 함유량은, 바람직하게는 0.9% 이상으로 한다. 그러나, Si의 과잉의 첨가는, 템퍼링 연화 저항(temper softening resistance)이 증가하여, 프로젝션 용접 후의 내지연 파괴 특성이 저하한다. 그 때문에, Si 함유량은 2.5% 이하로 하고, 바람직하게는 2.2% 이하로 한다.
- [0092] Mn: 2.0~4.0%
- [0093] Mn은, 고용 강화 및 접합 계면에 마르텐사이트를 생성함으로써, 박리 강도의 고강도화에 기여하는 원소이다. 그 효과를 얻기 위해서는, 2.0% 이상의 Mn을 함유하는 것이 필요하다. Mn 함유량은, 바람직하게는 2.2% 이상으로 한다. 한편, 과잉으로 함유한 경우, 접합부의 내주부 및 외주부에 있어서 수소가 강판 내에 침입한 경우, 입계의 슬라이딩 구속이 증가하여, 결정 입계에서의 균열이 진전하기 쉬워진다. 그 때문에, 프로젝션 용접 후의 내지연 파괴 특성이 저하한다. 또한, 프로젝션 용접 후의 고용 Mn량이 증가한다. 따라서, Mn 함유량은 4.0% 이하로 한다. Mn 함유량은, 바람직하게는 3.7% 이하로 한다.
- [0094] P: 0.05% 이하
- [0095] P는, 과잉으로 첨가된 경우, 입계로의 편석이 현저해져 입계를 취화시킴으로써, 박리 강도가 저하한다. 그 점에서, P 함유량은 0.05% 이하로 한다. P 함유량은, 바람직하게는 0.04% 이하로 한다. 특히 P 함유량의 하한은 규정하지 않지만, 극저(ultra-low) P화는 제강 비용이 상승한다. 그 때문에, P 함유량은 0.005% 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0096] S: 0.004% 이하
- [0097] S의 함유량이 많은 경우에는, MnS 등의 황화물이 많이 생성되어, 수소 침입 시에 MnS로부터 균열이 생성하기 때문에 프로젝션 용접 후의 내지연 파괴 특성이 저하한다. 그 점에서, S 함유량의 상한을 0.004%로 한다. S 함유량은, 바람직하게는 0.003% 이하로 한다. 특히 S 함유량의 하한은 규정하지 않지만, 극저 S화는 제강 비용이 상승한다. 그 때문에, S 함유량은 0.0002% 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0098] Al: 0.01~1.00%
- [0099] Al은, 탈산에 필요한 원소이고, 이 효과를 얻기 위해서는 0.01% 이상의 Al을 함유하는 것이 필요하다. 한편, Al의 과잉의 첨가는, 템퍼링 연화 저항이 증가하여, 내지연 파괴 특성이 저하한다. 그 때문에, Al의 상한은 1.00%로 한다. Al 함유량은, 바람직하게는 0.80% 이하로 한다.
- [0100] N: 0.010% 이하
- [0101] N은, 조대한(large grain size) 질화물을 형성함으로써 프로젝션 용접 후의 박리 강도를 저하시키는 점에서, N

의 함유량을 억제할 필요가 있다. N 함유량이 0.010% 초과인 경우에, 이 경향이 현저해지는 점에서, N 함유량을 0.010% 이하로 한다. N 함유량은, 바람직하게는 0.0075% 이하로 한다. 특히 N 함유량의 하한은 규정하지 않지만, 고비용이기 때문에, N 함유량은 0.0002% 이상으로 하는 것이 바람직하다.

- [0102] 본 발명에 이용하는 도금 강판은, 상기의 각 원소를 함유하고, 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물이다. 불가피적 불순물로서는, 예를 들면, Co, Sn, Zn 등을 들 수 있다. 이들 함유량의 허용 범위로서는, 각각 Co: 0.05% 이하, Sn: 0.01% 이하, Zn: 0.01% 이하이다.
- [0103] 또한, 본 발명에서는, Ta, Mg, Zr을 각각 0.01% 이하로 함유해도, 상기한 본 발명의 효과는 상실되지 않기 때문에, 허용할 수 있다.
- [0104] 본 발명에서는, 상기의 성분 조성이 도금 강판의 기본의 성분 조성이다. 본 발명에서는, 상기의 성분 조성에 더하여, 필요에 따라서, Nb, Ti, V, Cr, Mo, Cu, Ni, Sb, B, Ca, REM 중에서 선택되는 1종 또는 2종 이상을 함유할 수 있다. 또한, 이하에 나타내는 Nb, Ti, V, Cr, Mo, Cu, Ni, Sb, B, Ca, REM의 각 성분은 필요에 따라서 함유할 수 있기 때문에, 이들 성분은 0%라도 좋다.
- [0105] Nb: 0.050% 이하
- [0106] Nb는, 미세한 탄질화물을 형성함으로써 프로젝션 용접 후의 박리 강도 및 내지연 파괴 특성을 향상시킨다. 그 효과를 얻기 위해, Nb를 함유시키는 경우는, Nb의 함유량을 0.005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 다량으로 Nb를 첨가하면, 균일 신장(uniform elongation)이 현저하게 저하할 뿐만 아니라, 연속 주조 후에 슬래브 균열(slab cracking)이 생긴다. 그 때문에, Nb를 함유하는 경우, Nb 함유량은 0.050% 이하로 한다. Nb 함유량은, 바람직하게는 0.045% 이하이고, 보다 바람직하게는 0.040% 이하이다.
- [0107] Ti: 0.050% 이하
- [0108] Ti는, 미세한 탄질화물을 형성함으로써 프로젝션 용접 후의 박리 강도 및 내지연 파괴 특성을 향상시킨다. 그 효과를 얻기 위해, Ti를 함유시키는 경우, Ti 함유량은 0.005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 다량으로 Ti를 첨가하면, 균일 신장이 현저하게 저하한다. 그 때문에, Ti를 함유시키는 경우, Ti 함유량은 0.050% 이하로 한다. Ti 함유량은, 바람직하게 0.045% 이하이다.
- [0109] V: 0.05% 이하
- [0110] V는, 미세한 탄질화물을 형성함으로써, 프로젝션 용접 후의 박리 강도 및 내지연 파괴 특성을 향상시킨다. 이러한 작용을 갖기 때문에, V를 함유시키는 경우, V 함유량은 0.005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 다량으로 V를 첨가시켜도, V 함유량이 0.05%를 초과한 만큼의 강도 상승 효과는 작다. 게다가, 합금 비용의 증가도 초래해 버린다. 따라서, V를 함유시키는 경우, V 함유량은 0.05% 이하로 한다.
- [0111] Cr: 1.0% 이하
- [0112] Cr은, 프로젝션 접합부에 마르텐사이트를 생성하기 쉽기 때문에, 박리 강도의 고강도화에 기여하는 원소이다. 이 효과를 발휘시키기 위해, Cr을 함유시키는 경우, Cr 함유량은 0.05% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 1.0%를 초과하여 Cr을 함유시키면, 표면 결함이 발생하기 쉬워진다. 그 때문에, Cr을 함유시키는 경우, Cr 함유량은 1.0% 이하로 한다. 바람직하게는 0.8% 이하로 한다.
- [0113] Mo: 0.50% 이하
- [0114] Mo는, Cr과 마찬가지로, 프로젝션 접합부에 마르텐사이트를 생성하기 쉽기 때문에, 박리 강도의 고강도화에 기여하는 원소이다. 또한, Mo는, 수소 과전압을 증가시킴으로써 내지연 파괴 특성이 향상하는 원소이다. 이들 효과를 발휘시키기 위해, Mo를 함유시키는 경우, Mo 함유량은 0.05% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Mo 함유량은, 보다 바람직하게는 0.06% 이상으로 한다. 한편, 0.50%를 초과하여 Mo를 함유시켜도 전술의 효과가 포화하기 때문에, 비용이 상승할 뿐으로 된다. 따라서, Mo를 함유시키는 경우, Mo 함유량은 0.50% 이하로 한다. 바람직하게는 0.42% 이하로 한다.
- [0115] Cu: 0.50% 이하
- [0116] Cu는, 첨가함으로써 수소 과전압을 증가시켜, 이에 의해 내지연 파괴 특성이 향상한다. 이들 효과를 발휘하기 위해, Cu를 함유시키는 경우, Cu 함유량은 0.005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 0.50%를 초과하여 Cu를 함유시켜도 전술의 효과가 포화하고, 또한 Cu에 기인하는 표면 결함이 발생하기 쉬워진다. 그 때문에, Cu

를 함유시키는 경우, Cu 함유량은 0.50% 이하로 한다.

[0117] Ni: 0.50% 이하

[0118] Ni는, Cu와 마찬가지로, 수소 과전압을 증가시키고, 이에 따라 내지연 파괴 특성이 향상하는 원소이다. 이들 효과를 발휘시키기 위해, Ni를 함유시키는 경우, Ni 함유량은 0.005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한, Ni는, Cu와 동시에 첨가하면, Cu 기인의 표면 결함을 억제하는 효과가 있기 때문에, Cu 첨가 시에는 유효하다. 한편, 0.50%를 초과하여 Ni를 함유시켜도 전술의 효과가 포화하기 때문에, Ni를 함유시키는 경우, Ni 함유량은 0.50% 이하로 한다.

[0119] Sb: 0.020% 이하

[0120] Sb는, 강판 표층부에 생기는 탈탄층을 억제하는 효과를 갖기 때문에, 강판 표면의 수용액 환경하에 있어서의 전위 분포가 균일하게 되어, 내지연 파괴 특성이 향상한다. 이러한 효과를 발휘하기 위해, Sb를 함유시키는 경우, Sb 함유량은 0.001% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, Sb가 0.020%를 초과하여 함유되면, 강판 제조 시의 압연 부하 하중을 증대시키기 때문에, 생산성을 저하시킨다. 이 점에서, Sb를 함유시키는 경우, Sb 함유량은 0.020% 이하로 한다.

[0121] B: 0.010% 이하

[0122] B는, 퀴칭성(hardenability)을 향상시키고, 접합부에 마르텐사이트를 생성하기 쉽기 때문에, 박리 강도의 고강도화에 기여한다. 이 효과를 발휘하기 위해, B를 함유시키는 경우, B 함유량은 0.0002% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 0.010%를 초과하여 B를 함유시켜도, 효과가 포화하기 때문에, B를 함유시키는 경우, B 함유량은 0.010% 이하로 한다. 바람직하게는 0.008% 이하로 한다.

[0123] Ca: 0.0050% 이하, REM: 0.0050% 이하

[0124] Ca 및 REM(희토류 원소)은, 황화물의 형상을 구형상화(spheroidization)함으로써 내지연 파괴 특성의 향상에 기여하는 원소로서, 필요에 따라서 첨가할 수 있다. 이들 효과를 발휘하기 위해, Ca 및 REM을 함유시키는 경우, Ca 및 REM의 함유량은 각각 0.0005% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 한편, Ca 및 REM은, 0.0050%를 초과하여 함유시켜도 효과가 포화한다. 그 때문에, Ca 및 REM을 함유시키는 경우, Ca 및 REM의 함유량은 각각 0.0050% 이하로 한다.

[0125] 본 발명에서는, 전술과 같이 자동차 등의 구조 부품에 적용하는 관점에서, 고강도 도금 강판의 인장 강도는 780MPa 이상으로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 1000MPa 이상으로 한다.

[0126] [고강도 도금 강판의 강판 조직]

[0127] 본 발명에서는, 상기한 고강도 도금 강판의 강판 조직(모재의 강판 조직)은, 특별히 한정되지 않는다. 그러나, 본 발명의 용접 조인트를, 자동차 등의 구조 부품에 적용하는 관점에서는, 모재의 강판 조직은, 체적 분율로, 3~30%의 잔류 오스테나이트를 포함하는 강판인 것이 바람직하다. 이는, 인장 강도가 780MPa 이상인 강판을 적용할 때, 프레스 성형성이 문제가 되기 때문이다. 따라서, 모재의 강판 조직은, 응력 변태 야기에 의한 높은 균일 신장을 확보할 수 있는 잔류 오스테나이트를 상기 체적 분율로 함유하는 것이 바람직하다.

[0128] [고강도 도금 강판의 도금종]

[0129] 상기한 고강도 도금 강판은, 모재 표면의 도금종이 아연 도금인 것이 바람직하다. 특히 자동차 용도용의 관점에서는, 후술하는 용융 아연 도금 처리를 실시하고, 모재 표면에 아연 도금층을 갖는 용융 아연 도금 강판(GI)으로 해도 좋다. 또한, 상기 용융 아연 도금 처리를 실시한 후에 후술하는 합금화 처리를 실시하여, 모재 표면에 합금화 용융 아연 도금층을 갖는 합금화 용융 아연 도금 강판(GA)으로 해도 좋다.

[0130] 아연 도금층의 편면당의 도금 부착량은, 25g/m² 이상이 바람직하고, 80g/m² 이하가 바람직하다. 아연 도금층의 편면당의 도금 부착량을 25g/m² 이상으로 함으로써, 내식성을 보다 향상시킬 수 있다. 이와 함께, 도금 부착량의 제어가 용이해진다. 또한, 아연 도금층의 편면당의 도금 부착량이 80g/m² 이하이면, 도금 밀착성은 양호하다. 상기의 도금 부착량은, 보다 바람직하게는 30g/m² 이상으로 하고, 보다 바람직하게는 75g/m² 이하로 한다.

[0131] 여기에서, 용융 아연 도금욕의 성분은 특별히 규정하지 않지만, 특히 자동차 용도용의 관점에서는, 용융 아연 도금욕은, Al, Zn 및 불가피적 불순물로 이루어지는 것이 바람직하다. 욕 중 Al 농도는 0.05질량% 이상 0.25질량% 이하이다. 욕 중 Al 농도를 0.05질량% 이상으로 하면 보텀 드로스(bottom dross)의 발생을 막아, 드로

스가 강관에 부착하여 결합이 되는 것을 막을 수 있다. 욕 중 Al 농도를 0.25질량% 이하로 함으로써, 탑 드로스(top dross)의 증가를 막아, 드로스가 강관에 부착하여 결합이 되는 것을 막음과 함께 비용 절감으로도 이어진다. 상기의 욕 중 Al 농도는, 보다 바람직하게는 0.08질량% 이상으로 하고, 보다 바람직하게는 0.22질량% 이하로 한다. 또한, 용융 아연 도금 처리의 그 외의 조건은, 제한되는 것은 아니다. 예를 들면, 특히 자동차 용도용의 관점에서는, 용융 아연 도금욕의 욕 온도는 440~500℃의 범위이고, 판은 440~550℃에서 강관을 용융 아연 도금욕 중에 침지시켜 행하는 것이 바람직하다.

[0132] 용융 아연 도금 처리 후는, 450~600℃의 온도역에서 아연 도금을 합금화 처리할 수 있다. 450~600℃의 온도역에서 합금화 처리함으로써, 도금 중의 Fe 농도는 7~15%가 되어, 도금의 밀착성이나 도장 후의 내식성이 향상한다. 450℃ 미만에서는, 합금화가 충분히 진행하지 않고, 희생 방식 작용(sacrificial anticorrosive effect)의 저하나 슬라이딩성의 저하를 초래하고, 600℃보다 높은 온도에서는, 합금화의 진행이 현저해져, 파우더링성(powdering resistance)이 저하한다.

[0133] 본 발명에서는, 상기의 고강도 도금 강관이, 도금층과 모재의 계면에 프리도금층을 갖는다. 프리도금층은, 용융 아연 도금 처리의 전에 하지가 되는 도금층(하지층)을 모재에 생성시키는 프리도금 처리로 형성된다. 이 프리도금층은, Fe계 전기 도금층인 것이 바람직하다. Fe계 전기 도금층으로서, 예를 들면, 순Fe의 외에, Fe-B 합금, Fe-C 합금, Fe-P 합금, Fe-N 합금, Fe-O 합금, Fe-Ni 합금, Fe-Mn 합금, Fe-Mo 합금, Fe-W 합금 등의 합금 도금층을 사용할 수 있다. Fe계 전기 도금층의 성분 조성은, 한정되지 않는다. 단, 특히 자동차 용도용의 관점에서는, B, C, P, N, O, Ni, Mn, Mo, Zn, W, Pb, Sn, Cr, V 및 Co로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 또는 2종 이상의 원소를 합계로 10% 이하 포함하고, 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 성분 조성으로 하는 것이 바람직하다. Fe 이외의 원소의 양을 합계로 10% 이하로 함으로써, 전해 효율의 저하를 막아, 저비용으로 Fe계 전기 도금층을 형성할 수 있다. 상기의 Fe 이외의 원소의 양의 합계는, 보다 바람직하게는 8% 이하로 하고, 바람직하게는 0.1% 이상으로 한다.

[0134] 상기한 Fe계 전기 도금층의 편면당의 부착량은, 0.5g/m² 이상이 바람직하다. 당해 부착량을 0.5g/m²로 함으로써, Fe계 전기 도금층은 연질층으로서 기능하고, 용접 시에 강관 표면에 부여되는 응력을 완화할 수 있어, 접합부의 잔류 응력을 저감한다. 이와 함께 확산성의 수소를 효율 좋게 강관 표면으로부터 빼내기 때문에, 내지연 파괴 특성이 향상한다. Fe계 전기 도금층의 편면당의 부착량은, 보다 바람직하게는 1.0g/m² 이상으로 한다. 또한, Fe계 전기 도금층의 편면당의 부착량의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 비용의 관점에서는, Fe계 전기 도금층의 편면당의 부착량을 60g/m² 이하로 하는 것이 바람직하다. 당해 부착량은, 보다 바람직하게는 50g/m² 이하로 하고, 더욱 바람직하게는 40g/m² 이하로 하고, 한층 더 바람직하게는 30g/m² 이하로 한다.

[0135] 또한 본 발명에서는, Fe계 전기 도금층의 두께는, 이하와 같이 측정한다.

[0136] 용융 아연 도금 처리 후에 합금화 처리를 실시한 고강도 용융 아연 도금 강관으로부터 10mm×15mm 사이즈의 샘플을 채취하여 수지에 매입하고(embedded), 단면 매입 샘플로 한다. 이 샘플에 있어서의 동(同)단면의 임의의 3개소를, 주사형 전자 현미경(Scanning Electron Microscope: SEM)을 이용하여 가속 전압 15kV 및, Fe계 전기 도금층의 두께에 따라서 배율 2000~10000배로 관찰한다. 3시야의 두께의 평균값을 구하고, 이 평균값에 철의 비중을 곱함으로써, Fe계 전기 도금층의 편면당의 부착량으로 환산한다.

[0137] 여기에서, 상기의 프리도금층이 Fe계 전기 도금층인 경우의 바람직한 제조 조건에 대해서 설명한다.

[0138] 우선, 고강도 어닐링 전 냉연 강관의 표면에 Fe계 전기 도금 처리를 실시하고, 어닐링 전 Fe계 전기 도금 처리 강관으로 한다. Fe계 전기 도금 처리 방법은, 특별히 한정되지 않는다. 예를 들면, Fe계 전기 도금욕으로서는 황산욕, 염산욕 혹은 양자의 혼합 등을 적용할 수 있다. 또한, 냉간 압연 후의 고강도 어닐링 전 냉연 강관에 대하여 예열로(preheating furnace) 등에 있어서의 산화 처리를 행하지 않고, Fe계 전기 도금 처리를 실시할 수도 있다. 통전 개시 전의 Fe계 전기 도금욕 중의 Fe 이온 함유량은, Fe²⁺로서 1.0mol/L 이상으로 하는 것이 바람직하다. Fe계 전기 도금욕 중의 Fe 이온 함유량이, Fe²⁺로서 1.0mol/L 이상이면, 충분한 Fe 부착량을 얻을 수 있다.

[0139] 또한, Fe계 전기 도금욕 중에는 Fe 이온, 그리고 B, C, P, N, O, Ni, Mn, Mo, Zn, W, Pb, Sn, Cr, V 및 Co 등의 합금화 원소의 외에, 첨가제 혹은 불순물로서 황산 나트륨, 황산 칼륨 등의 전도도 보조제(conductivity auxiliary agents)를 함유해도 좋다. 또한, 금속 원소는 금속 이온으로서 함유하면 좋고, 비금속 원소는 붕산, 인산, 질산, 유기산 등의 일부로서 함유할 수 있다. 또한, 황산철 도금액 중에는, 황산 나트륨, 황산 칼륨 등

의 전도도 보조제나, 킬레이트제, pH 완충제가 포함되어 있어도 좋다.

[0140] Fe계 전기 도금욕의 그 외의 조건에 대해서도 특별히 한정하지 않는다. 단, 전술의 Fe계 전기 도금층으로 하는 관점에서는, 욕온은, 정온(定溫) 보온 지속성을 고려하면, 30℃ 이상이 바람직하다. Fe계 전기 도금욕의 pH도 특별히 규정하지 않지만, Fe계 전기 도금욕의 전기 전도도를 고려하면, 3.0 이하가 바람직하다. 전류 밀도에 대해서도 특별히 한정하지 않지만, 제조 비용을 고려하면, 10~150A/dm²이다. 통관 속도는 5mpm 이상, 150mpm 이하이면 좋다. 통관 속도가 5mpm 미만에서는 생산성이 뒤떨어지고, 한편으로 통관 속도가 150mpm 초과에서는, 도금 부착량을 안정적으로 제어하는 것이 곤란하기 때문이다.

[0141] 또한, Fe계 전기 도금 처리를 실시하기 전의 처리로서, 고강도 어닐링 전 냉연 강판 표면을 청정화하기 위한 탈지 처리 및 물 세정, 나아가서는, 고강도 어닐링 전 냉연 강판 표면을 활성화하기 위한 산 세정 처리 및 물 세정을 실시할 수 있다. 이들 전 처리에 이어서 Fe계 전기 도금 처리를 실시한다. 탈지 처리 및 물 세정의 방법은 특별히 한정되지 않고, 예를 들면 오르토티산 나트륨 용액이나 수산화 나트륨 용액 등으로 전해 탈지를 이용할 수 있다. 산 세정 처리에 있어서는, 황산, 염산, 질산 및, 이들 혼합물 등 각종의 산을 사용할 수 있다. 그 중에서도, 황산, 염산 혹은 이들의 혼합이 바람직하다. 산의 농도는 특별히 규정하지 않지만, 산화 피막의 제거 능력 및, 과산 세정에 의한 표면 거칠기(표면 결함) 방지 등을 고려하면, 산의 농도는 1~20mass%가 바람직하다. 또한, 산 세정 처리액에는, 소포제(foaming agent), 산 세정 촉진제, 산 세정 억제제 등을 함유해도 좋다.

[0142] 이어서, 전술의 Fe계 전기 도금 처리를 실시한 후, 어닐링 전 Fe계 전기 도금 처리 강판에, 노점(dew point): -30℃ 이하, 수소 농도: 1.0체적% 이상 30.0체적% 이하의 환원성 분위기 중에서, 650℃ 이상 900℃ 이하의 온도역에서 30초 이상 600초 이하 보존 유지한 후에 냉각하는 어닐링 공정을 행하여, Fe계 전기 도금 강판을 얻는다. 어닐링 공정은, 바람직하게는, 압연 공정에 의해 생긴 어닐링 전 Fe계 전기 도금 강판의 왜곡을 제거하여, 조직을 재결정시킴으로써, 강판 강도를 높이기 위해 행한다.

[0143] [프로젝션 용접 방법]

[0144] 다음으로, 상기의 접합부를 갖는 본 발명의 용접 조인트의 프로젝트션 용접 방법에 대해서 설명한다.

[0145] 본 발명의 용접 조인트는, 전술의 성분 조성을 갖는 고강도 도금 강판과 너트를, 한 쌍의 전극으로 사이에 끼우고, 가압하면서 통전하는 저항 용접에 의해 접합하는 프로젝트션 용접에 의해 제조할 수 있다.

[0146] 예를 들면, 도 5에 나타내는 바와 같이, 우선, 너트(1)의 프로젝트션부(3)가 고강도 도금 강판(2)과 대향하도록 배치한다. 이어서, 이들의 상측 및 하측에 배치되는 한 쌍의 전극으로 고강도 도금 강판(2)과 너트(1)를 협지(狹持)하고, 가압하면서 소정의 용접 조건이 되도록 제어하여 통전을 행한다. 이에 따라, 고강도 도금 강판(2)과 너트(1)의 접촉면을 접합함으로써 전술의 접합부(6)를 갖는 용접 조인트(10)를 형성할 수 있다(도 1~도 4를 참조). 그 후, 다른 강판을, 용접 조인트의 너트공(screw hole of the nut)에 볼트로 체결한다. 또한, 고강도 도금 강판(2)은 도금층을 갖는 면이, 너트(1)의 프로젝트션부(3)와 대향하도록 배치하면 좋다.

[0147] 이하에, 본 발명의 용접 조건에 대해서 설명한다.

[0148] [주통전 공정]

[0149] 본 발명에서는, 상기한 한 쌍의 전극을 이용하여 고강도 도금 강판과 너트를 협지하고, 가압하면서 통전하는 저항 용접에 의해, 고강도 도금 강판과 너트의 접촉면을 용융하여 접합부(즉, 너겟 혹은 접합 계면(괴 형상 혹은 막 형상의 접합 영역))를 형성하는 주통전 공정을 갖는다. 주통전 공정에서는, 저항 용접의 평균 용접 전류값 I_w (kA) 및 통전 시간 T_w (s)가 식 (1)의 관계를 충족하도록 제어한다.

$$5 \leq I_w \leq 2.2/T_w \quad \dots (1)$$

[0151] 주통전 공정의 저항 용접의 평균 용접 전류값 I_w 가 5kA 미만에서는, 입열량의 부족에 의해, 충분히 강고한 접합 계면 혹은 너겟을 얻을 수 없기 때문에, 박리 강도가 저하한다. 따라서, 평균 용접 전류값 I_w 는 5kA 이상으로 한다. 평균 용접 전류값 I_w 는, 바람직하게는 5.0kA 이상으로 하고, 보다 바람직하게는 5.5kA 이상으로 한다.

[0152] 또한, 본 발명에서는, 입열이나 접촉면의 면적의 관점에서, 평균 용접 전류값 I_w 와 통전 시간 T_w 와의 관계도 규정한다. 평균 용접 전류값 I_w 가, 통전 시간 T_w 와의 관계를 나타내는 $(2.2/T_w)$ 로 산출되는 값을 초과하는 전류값에서는, 입열량이 과대가 된다. 그 결과, 너트와 고강도 도금 강판과의 접촉면의 전체면에 강고한 접합 계면 혹은 너겟을 생성해 버리기 때문에, 내지연 파괴 특성이 저하한다. 또한, 당해 접촉면의 광범위에 걸쳐 강고한

접합 계면 혹은 너겟이 생성되기 때문에, 전술의 연화층이 접합부(6)의 최외주부 및 최내주부에 적절히 형성되지 않을 우려가 있다. 따라서, 평균 용접 전류값 I_w 는 $(2.2/T_w)$ 로 산출되는 값 이하로 한다. 평균 용접 전류값 I_w 는, 바람직하게는 17kA 이하로 한다.

[0153] 주통전 공정의 저항 용접의 통전 시간 T_w (s)는 특별히 규정되지 않는다. 그러나, 통전 시간 T_w 가 0.44s 이상에서는 생산 비용의 증대로 이어지기 때문에, 통전 시간 T_w 는 0.44s 이하로 하는 것이 바람직하다. 통전 시간 T_w 는, 보다 바람직하게는 0.20s 이하로 하고, 더욱 바람직하게는 0.11s 이하로 한다. 전술의 접합부를 적절히 얻기 위해서는, 통전 시간 T_w 는 0.01s 이상으로 하는 것이 바람직하고, 0.02s 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0154] 또한, 본 발명에서는, 상기의 주통전 공정을 행한 후에, 이하의 후통전(후통전 공정)을 실시해도 좋다. 후통전 공정을 행하는 경우에는, 이하에 설명하는 조건으로 제어하는 것이 바람직하다.

[0155] [후통전 공정]

[0156] 후통전 공정은, 주통전 공정 후에 0.02s 이상의 냉각 시간을 설정하는 냉각 과정과, 이어서, 저항 용접의 평균 용접 전류값 I_{w2} (kA) 및 통전 시간 T_{w2} (s)가 식 (2) 및 식 (3)의 관계를 충족하는 통전 과정을 갖는다.

[0157] $0 < I_{w2} \leq 0.5/T_{w2} \quad \dots (2)$

[0158] $I_{w2} < I_w \quad \dots (3)$

[0159] 여기에서, 식 (2) 및 식 (3)에 나타내는, I_w 는 주통전 공정의 평균 용접 전류값(kA)으로 하고, I_{w2} 는 후통전 공정의 평균 용접 전류값(kA)으로 하고, T_{w2} 는 후통전 공정의 통전 시간(s)으로 한다.

[0160] [냉각 과정]

[0161] 주통전 공정 후의 냉각 시간이 0.02s 미만에서는, 접합부의 마르텐사이트 변태량이 불충분해진다. 그 결과, 너트와 도금 강판과의 접촉면의 전체면에 강고한 접합 계면 혹은 너겟을 생성해 버리기 때문에, 내지연 파괴 특성이 저하한다. 따라서, 냉각 과정의 상기 냉각 시간은 0.02s 이상으로 한다. 바람직하게는 0.03s 이상으로 한다.

[0162] 또한, 냉각 과정의 상기 냉각 시간의 상한은 특별히 규정하지 않는다. 생산 비용의 관점에서는, 상기 냉각 시간은 2.0s 이하로 하는 것이 바람직하고, 1.8s 이하로 하는 것이 보다 바람직하다.

[0163] [통전 과정]

[0164] 이 통전 과정에서는, 저항 용접의 평균 용접 전류값 I_{w2} (kA) 및 통전 시간 T_{w2} (s)가 식 (2) 및 식 (3)의 관계를 충족하도록 저항 용접 조건을 제어한다.

[0165] 식 (2)에 나타내는 바와 같이, 후통전 공정의 저항 용접의 평균 용접 전류값 I_{w2} (kA)는, 0kA 초과로 하는 것이 바람직하다. 후통전 공정을 행하는 경우, 이 평균 용접 전류값 I_{w2} 가 0kA에서는, 접합부의 마르텐사이트 변태의 템퍼링이 불충분해지고, 그 결과, 지연 파괴 특성이 향상하지 않는다. 평균 용접 전류값 I_{w2} 는, 보다 바람직하게는 $(0.1/T_{w2})$ kA 이상으로 하고, 더욱 바람직하게는 $(0.15/T_{w2})$ kA 이상으로 한다.

[0166] 한편, 식 (2)에 나타내는 바와 같이, 후통전 공정의 저항 용접의 평균 용접 전류값 I_{w2} (kA)가 통전 시간 T_{w2} 와의 관계를 나타내는 $(0.5/T_{w2})$ 로 산출되는 값을 초과하면, 접합부가 재용융한다. 그 결과, 너트와 고강도 도금 강판과의 접촉면의 전체면에 강고한 접합 계면 혹은 너겟을 생성해 버리기 때문에, 내지연 파괴 특성이 저하한다. 또한, 당해 접촉면의 전체면에 강고한 접합 계면 혹은 너겟이 생성되기 때문에, 전술의 연화층이 접합부(6)의 최외주부 및 최내주부에 적절히 형성되지 않을 우려가 있다. 따라서, 평균 용접 전류값 I_{w2} (kA)는 $(0.5/T_{w2})$ 로 산출되는 값 이하로 한다. 평균 용접 전류값 I_{w2} (kA)는, 바람직하게는 $(0.45/T_{w2})$ kA 이하로 한다.

[0167] 또한, 식 (3)에 나타내는 바와 같이, 평균 용접 전류값 I_{w2} (kA)가 주통전 공정의 평균 용접 전류값 I_w (kA) 이상이 되는 경우도, 전술과 마찬가지로의 이유에 의해, 상기 접촉면의 전체면에 강고한 접합 계면 혹은 너겟을 생성해 버리기 때문에, 내지연 파괴 특성이 저하한다. 또한, 전술의 연화층이 접합부(6)의 최외주부 및 최내주부에 적절히 형성되지 않을 우려가 있다.

[0168] 후통전 공정의 저항 용접의 통전 시간 T_{w2} (s)는 특별히 규정되지 않는다. 그러나, 통전 시간 T_{w2} 가 0.40s 이상에서는 생산 비용의 증대로 이어지기 때문에, 통전 시간 T_{w2} 는 0.40s 미만으로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.30s 이하로 한다. 전술의 접합부를 적절히 얻기 위해서는, 통전 시간 T_{w2} 는 0.01s 이상으로 하는

것이 바람직하고, 0.02s 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다.

- [0169] 본 발명에서는, 전술의 어느 프로젝션 용접 방법이라도, 가압 조건은, 바람직하게는 가압력 F(kN)를 1.5kN~7.0kN으로 한다. 가압력 F가 지나치게 크면 통전 지름이 확대하기 때문에, 너겟 지름의 확보가 어려워지기 쉽다. 한편, 가압력 F가 지나치게 작으면, 통전 지름이 작아져, 산란(expulsion and surface flash)이 발생하기 쉬워진다. 따라서, 가압력 F는 상기 적합 범위 내로 하는 것이 바람직하다. 또한, 가압력은, 장치 능력에 따라 제한되는 경우가 있다. 그러나, 필요한 너겟 지름이 얻어지는 가압력이면, 주통전 공정의 가압력 F는 상기 적합 범위에 대하여 낮아도 높아도 좋다.
- [0170] 이상에 설명한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 우수한 박리 강도와 내지연 파괴 특성의 양립을 실현할 수 있다. 구체적으로는, 전술과 같이, M6 너트를 강관에 프로젝션 용접한 후의 너트와 도금 강관의 박리 강도(FL)가 7.0kN 이상이 되는 것, 또한, M6 너트를 강관에 프로젝션 용접한 후에 볼트에 의해 (0.85×FL) 및 (0.65×FL)의 하중을 부하시킨 상태로 실온에서 염산의 용액에 침지해도, 어느 하중이라도 너트와 도금 강관에 박리가 생기지 않는 것을 양립할 수 있다. 즉, 너트의 프로젝션 용접 후의 박리 강도 및 내지연 파괴 특성이 우수한 용접 조인트를 안정되게 얻을 수 있다.
- [0171] 실시예
- [0172] 이하, 본 발명의 실시예를 설명한다. 또한, 본 발명은, 하기의 실시예에 의해 제한을 받는 것은 아니다. 본 발명의 취지에 적합할 수 있는 범위에서 변경을 가하여 실시하는 것도 가능하고, 그들은 어느 것이나 본 발명의 기술적 범위에 포함된다.
- [0173] 표 1에 나타내는 성분 조성의 강을 용제하고, 연속 주조에 의해 슬래브로 했다. 표 1에 나타내는 「-」은, 의도적으로 원소를 첨가하지 않는 것을 나타내고 있고, 함유하지 않는(0%) 경우뿐만 아니라, 불가피적으로 함유하는 경우도 포함한다.
- [0174] 상기 슬래브를 가열한 후, 마무리 압연 종료 온도 900℃에서 열간 압연을 실시하여 열연 강관으로 하고, 열연 강관을 냉각 정지 온도 500℃까지 냉각하여, 권취 온도 500℃에서 코일로 권취했다. 얻어진 열연 강관을 산 세정한 후, 냉간 압연을 실시하여 냉연 강관(관두께: 1.4mm)으로 했다.
- [0175] 그 후, 연속 용융 도금 라인(CGL)을 이용하여, 얻어진 냉연 강관의 일부에 대해서는, 용융 아연 도금욕이 Al, Zn 및 불가피적 불순물로 이루어지고, 욕 중 Al 농도가 0.14%, 용융 아연 도금욕 온도가 460℃의 조건으로 용융 아연 도금 처리를 실시하여 용융 아연 도금 강관(GI)을 얻었다.
- [0176] 그 이외의 CGL을 통과한 냉연 강관에 대해서는, 상기 용융 아연 도금 처리를 실시한 후, 추가로 550℃에서 합금화 처리를 행하여, 합금화 용융 아연 도금 강관(GA)을 얻었다. 아연 도금층의 편면당의 도금 부착량은, 25~80g/m²의 범위로 했다.
- [0177] 또한, 표 2에 나타내는 번호 7 이외의 고강도 도금 강관(GA, GI)은, 용융 아연 도금 처리의 전에, 강관의 양면에 Fe계 프리도금 처리(Fe계 전기 도금 처리)를 행하고, 그 후에 어닐링했다. 표 2에 나타내는 「프리도금층」의 「Fe」는, Fe계 프리도금층인 것을 가리킨다. Fe계 프리도금층의 편면당의 부착량은, 표 2에 나타내는 「프리도금 두께」의 두께로 했다. 이 프리도금 두께는, 전술의 「Fe계 전기 도금층의 두께」를 측정하는 방법으로 행했다.
- [0178] 여기에서, 얻어진 각 고강도 도금 강관(GA, GI)의 모재의 인장 강도(TS)를 측정했다. 각 강관으로부터 JIS5호 인장 시험편을 압연 방향과 직각을 이루는 방향이 인장 방향이 되도록 채취하여, 인장 시험(JIS Z 2241:1998)에 의해, 인장 강도를 측정했다. 측정 결과를 표 1에 나타냈다.
- [0179] 또한, 모재 강관의 잔류 오스테나이트의 측정은, 다음의 방법으로 행했다.
- [0180] 잔류 오스테나이트의 체적 분율은, 강관(모재)을 관두께 방향의 1/4면까지 연마하고, 이 관두께 1/4면의 회절 X선 강도에 의해 구했다. Mo의 K α 선을 선원으로 하여, 가속 전압 50keV에서, X선 회절법(장치: Rigaku사 제조 RINT2200)에 의해, 철의 페라이트의 {200}면, {211}면, {220}면과, 오스테나이트의 {200}면, {220}면, {311}면의 X선 회절선의 적분 강도를 측정했다. 이들 측정값을 이용하여, 「X선 회절 핸드북」(2000년) 리가쿠텐키 가부시킴이샤, p.26, 62-64에 기재된 계산식으로부터, 잔류 오스테나이트의 체적 분율을 구했다. 얻어진 체적 분율(%)을 표 1에 나타냈다.
- [0181] 이상과 같이 하여 제조한 각 도금 강관(GA, GI)으로부터, 50mm×150mm의 사이즈의 강관용 시험편을 채취하고,

강관용 시험편의 중앙에 직경 7mm의 구멍을 뚫었다. 또한, 3점의 프로젝션부를 갖는 M6 용접용 너트를 준비하고, 강관용 시험편의 구멍의 중심과 너트의 구멍의 중심이 일치하도록 교류 용접기에 세트하고, 표 2에 나타내는 용접 조건으로 프로젝션 용접을 실시하여, 프로젝션 접합부를 보유한 시험편(용접체)을 제작했다. M6 용접용 너트의 강종은, SCM435(JIS G4053)로 했다. 프로젝션부는, 원형의 좌면(seating surface) 외주를 따라 등간격으로 3점 존재하고, 그의 형상은 길이가 동일한 2개의 직교하는 직선과 좌면 외주부를 따른 곡률 반경 7mm의 원호로 둘러싸인 부채꼴 형상의 저면을 갖는 원추대 형상으로 했다(도 5를 참조).

[0182] 용접 장치에는, 용접 건에 부착된 서보 모터 가압식에서 단상 교류(50Hz)의 저항 용접기를 이용했다. 사용한 쌍의 전극 칩은, 평면형 30mmφ의 전극으로 했다. 또한, 일부의 시험편(용접체)에서는, 주통전 공정 후에, 표 2에 나타내는 조건으로 후통전 공정을 행했다.

[0183] 얻어진 용접체(용접 조인트)를 이용하여, 이하에 나타내는 방법으로, 접합부의 고용 Mn량과, 용접 조인트의 인장 강도 및 내지연 파괴 특성을 평가했다.

[0184] <접합부의 고용 Mn량의 평가 방법>

[0185] 얻어진 용접 조인트를 판두께 단면에서 절단하여, 관찰용의 시험편을 얻었다.

[0186] 도 1 및 도 4에 나타내는 바와 같이, 접합부의 최외주부에서 접합 계면상의 위치를 점 A, 접합부의 최외주부에서 고강도 도금 강관의 판두께 중앙부의 위치를 점 B, 접합부의 최내주부에서 접합 계면상의 위치를 점 C, 접합부의 최내주부에서 고강도 도금 강관의 판두께 중앙부의 위치를 점 D로 했다. 그리고 전술과 마찬가지로 하여, 제1~제4 영역을 규정했다.

[0187] 이들 제 1~제4 영역에 있어서의 고용 Mn량의 질량%를, FE-EPMA를 이용하여 측정했다. 강관 표면으로부터 판두께 중앙부(판두께의 1/2 위치)의 개소까지, 각 원소의 선 분석을 실시하여, 질량%를 구했다. 그리고, 접합부의 최외주부측에 있어서의 고용 Mn량의 비율과 접합부의 최내주부측에 있어서의 고용 Mn량의 비율을 산출했다.

[0188] 구체적으로는, 접합부의 최외주부측에 있어서의 고용 Mn량의 비율로서, 강관의 판두께 중앙부(제2 영역)의 고용 Mn량에 대한 강관 표층(제1 영역)의 고용 Mn량의 비율(즉, (제1 영역의 고용 Mn량)/(제2 영역의 고용 Mn량))을 산출했다. 그 값을 표 3의 「접합부의 고용 Mn률」의 「최외주부」에 나타냈다. 접합부의 최내주부측에 있어서의 고용 Mn량의 비율로서, (제3 영역의 고용 Mn량)/(제4 영역의 고용 Mn량)을 산출하고, 그 값을 표 3의 「접합부의 고용 Mn률」의 「최내주부」에 나타냈다.

[0189] <용접 조인트의 박리 강도의 평가>

[0190] 박리 강도의 평가는, JIS B1196:2001에 준거한 압입 박리 시험에 기초하여 행했다. 상기의 용접 조인트의 너트공에 볼트를 고정하고, 볼트 체결의 시험편을 제작한 후, 압입 박리 시험을 행하여, 너트가 강관으로부터 박리할 때의 하중을 측정했다. 이 측정값을 박리 강도(FL)로 했다. 얻어진 박리 강도 FL을 표 3에 나타냈다. 표 3 중, 박리 강도가 7.0kN 이상인 경우는, 「합격(표 3 중, 기호 「○」로 나타냄)」이라고 하고, 박리 강도가 7.0kN 미만인 경우는, 「불합격(표 3 중, 기호 「×」로 나타냄)」이라고 했다. 여기에서는, 합격이 된 용접 조인트를 「우수한 박리 강도」를 갖는다고 평가했다.

[0191] <용접 조인트의 내지연 파괴 특성의 평가>

[0192] 내지연 파괴 특성은, 다음의 방법으로 평가했다.

[0193] 상기의 용접 조인트의 너트공에 볼트를 체결하여 시험편을 제작했다. 이 볼트 체결의 시험편의 1개를 이용하여, 전술의 박리 강도 FL에 기초하여 (0.85×FL)의 하중을 부하했다. 또한, 다른 시험편을 이용하여, 전술의 박리 강도 FL에 기초하여 (0.65×FL)의 하중을 부하했다. 그 후, 이들의 볼트 체결의 시험편을 실온(25℃)에서 염산(pH=1.0)의 용액에 침지한 후에, 너트와 도금 강관의 박리의 유무를 각각 평가했다. (0.85×FL)의 하중 및 (0.65×FL)의 하중을 부하하여 행한 평가 결과에 있어서, 2개 모두 100시간 이상 박리하지 않은 경우는, 내지연 파괴 특성을 「우수하다(표 3 중, 기호 「◎」로 나타냄)」라고 하고, 어느 1개가 100시간 미만에서 박리한 경우는, 내지연 파괴 특성을 「양호(표 3 중, 기호 「○」로 나타냄)」라고 하고, 2개 모두 100시간 미만에서 박리한 경우는, 내지연 파괴 특성을 「뒤떨어진다(표 3 중, 기호 「×」로 나타냄)」고 했다. 여기에서는, 「우수하다」 및 「양호」로 된 용접 조인트를 「우수한 내지연 파괴 특성」을 갖는다고 평가했다.

표 1

강종	성분 조성(질량%)										강 조직 전류 오스테나이트 (체적률%)	인장 강도 TS (MPa)	비고
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	그 외의 성분					
A	0.17	1.44	2.78	0.01	0.001	0.03	0.002	-			8	1022	적합강
B	0.11	2.15	3.77	0.01	0.001	0.02	0.003	Sb:0.008, Ti:0.02, B:0.0015			16	1211	적합강
C	0.22	0.89	2.09	0.02	0.002	0.03	0.002	V:0.04, Cu:0.10, Ni:0.18			5	1450	적합강
D	0.10	1.34	2.92	0.01	0.001	0.03	0.003	Cr:0.22, Ca:0.003, REM:0.002			7	833	적합강
E	0.33	1.09	2.15	0.01	0.002	0.88	0.005	Mo:0.21, Nb:0.03			15	1501	적합강
F	0.15	1.56	4.95	0.01	0.001	0.03	0.003	-			13	1266	비교강

[0194]

표 2

번호	강종	강판 표면		통전 공정				비고			
		도금종	프리도금층	주통전 공정		후통전 공정					
				평균 용점 전류밀도 I_{w1} (kA)	통전 시간 T_w (s)	냉각 과정	냉각 시간 (s)		평균 용점 전류밀도 I_{w2} (kA)	통전 시간 T_w (s)	
프리도금 두께 (μm^2)											
1	A	GA	Fe	5	11.0	0.10	-	-	-	-	발명예
2	B	GA	Fe	2	12.0	0.08	-	-	-	-	발명예
3	C	GA	Fe	25	12.0	0.04	0.04	8.0	0.04	0.04	발명예
4	D	GA	Fe	13	12.0	0.06	-	-	-	-	발명예
5	E	GA	Fe	2	12.0	0.18	0.06	7.0	0.06	0.06	발명예
6	A	GI	Fe	1	16.0	0.10	-	-	-	-	발명예
7	B	GA	-	-	11.0	0.10	-	-	-	-	비교예
8	F	GA	Fe	5	12.0	0.08	-	-	-	-	비교예
9	D	GA	Fe	5	4.5	0.20	-	-	-	-	비교예
10	B	GA	Fe	5	8.0	0.30	-	-	-	-	비교예
11	A	GA	Fe	5	11.0	0.10	0.04	7.0	0.04	0.08	비교예
12	B	GA	Fe	5	11.0	0.10	0.04	11.5	0.04	0.04	비교예
13	C	GA	Fe	25	12.0	0.04	0.04	8.0	0.04	0.04	발명예
14	D	GA	Fe	13	12.0	0.06	-	-	-	-	발명예
15	E	GA	Fe	2	12.0	0.18	0.06	7.0	0.06	0.06	발명예
16	A	GI	Fe	1	16.0	0.10	-	-	-	-	발명예
17	A	GA	Fe	1	5.0	0.44	-	-	-	-	발명예

※1. GI: 용융 아연 도금 강판, GA: 합금화 용융 아연 도금 강판

[0195]

표 3

번호	점합부의 고응 Min를		평가 결과				비고	
	최외주부 (%)	최내주부 (%)	박리 강도		내지연 파괴 특성			
			박리 강도 FL (kN)	평가	하중(0.65×FL)에 있어서의 박리까지의 시간 (h)	하중(0.85×FL)에 있어서의 박리까지의 시간 (h)		평가
1	15	16	11	○	≥100	≥100	◎	발명예
2	16	18	12	○	≥100	96	○	발명예
3	32	28	9	○	≥100	≥100	◎	발명예
4	22	36	10	○	≥100	97	○	발명예
5	21	19	12	○	≥100	≥100	◎	발명예
6	11	8	13	○	≥100	98	○	발명예
7	95	98	10	○	35	18	×	비교예
8	43	45	11	○	28	20	×	비교예
9	41	17	5	×	≥100	≥100	◎	비교예
10	49	52	12	○	40	25	×	비교예
11	56	58	11	○	55	40	×	비교예
12	58	54	10	○	67	41	×	비교예
13	32	28	9	○	≥100	≥100	◎	발명예
14	22	36	10	○	≥100	97	○	발명예
15	21	19	12	○	≥100	≥100	◎	발명예
16	11	8	13	○	≥100	98	○	발명예
17	26	28	11	○	≥100	96	○	발명예

[0196]

[0197]

표 2~3으로부터 명백한 바와 같이, 본 발명예에서는, 우수한 박리 강도 및 우수한 내지연 파괴 특성을 양립한 양호한 용접 조인트였다. 이에 대하여, 비교예에서는 양호한 용접 조인트를 얻을 수 없었다.

부호의 설명

[0198]

- 1 : 너트
- 2 : 고강도 도금 강판
- 3 : 프로세스선부
- 4 : 너겟
- 5 : 강고한 접합 계면

6 : 프로젝션 결합부

6a : 결합부의 최외주부

6b : 결합부의 최내주부

7a : 제1 영역

7b : 제2 영역

7c : 제3 영역

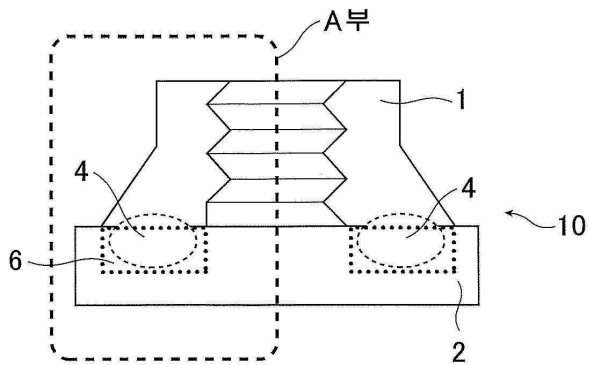
7d : 제4 영역

8 : 관두께 중앙부

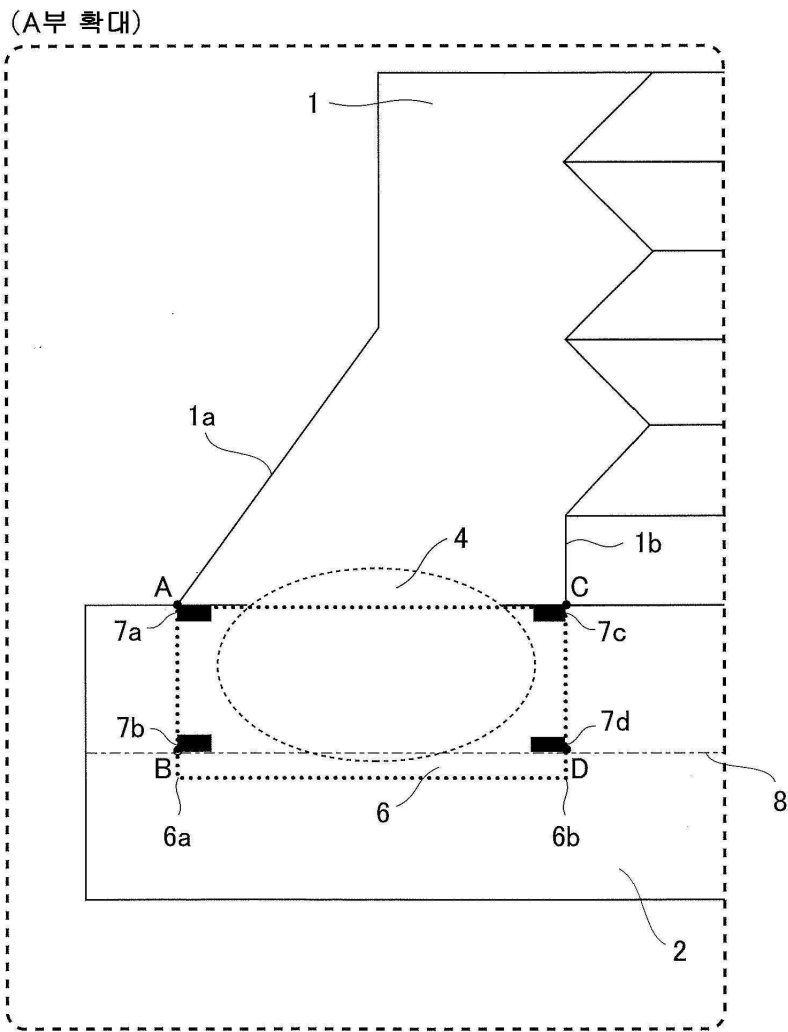
10 : 프로젝션 용접 조인트

도면

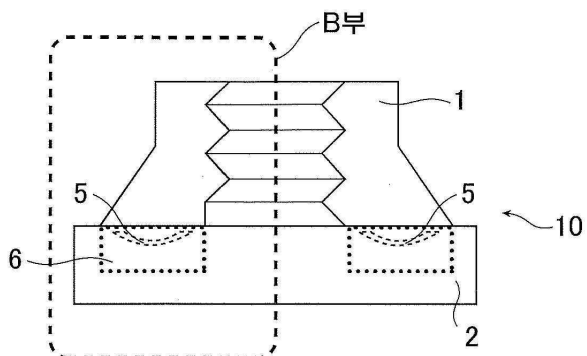
도면1



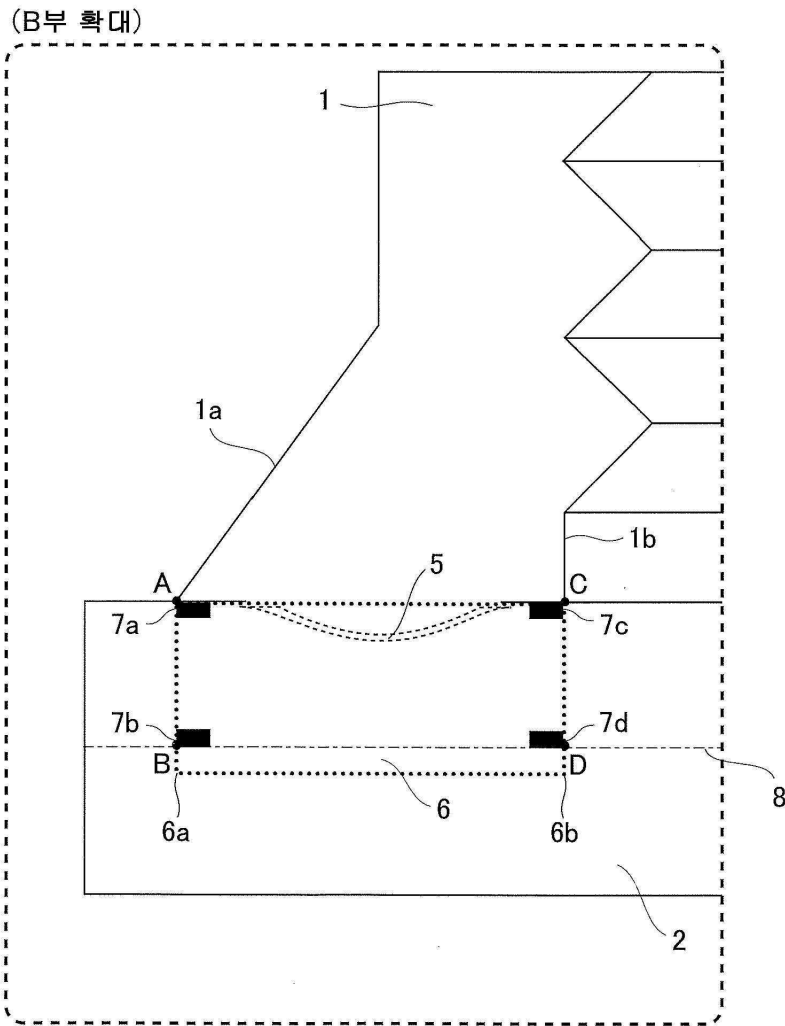
도면2



도면3



도면4



도면5

