



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0076796
(43) 공개일자 2020년06월30일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 2/06 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01) C22C 38/26 (2006.01)
C22C 38/28 (2006.01) C22C 38/32 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01) C23C 2/02 (2006.01)
C23C 2/28 (2006.01) C23C 2/40 (2006.01)
C23G 1/08 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
C23C 2/06 (2013.01)
C22C 38/02 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2018-0165177
(22) 출원일자 2018년12월19일
심사청구일자 2018년12월19일</p> | <p>(71) 출원인
주식회사 포스코
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)</p> <p>(72) 발명자
강기철
전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소
이세웅
전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소
(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
특허법인씨엔에스</p> |
|---|--|

전체 청구항 수 : 총 10 항

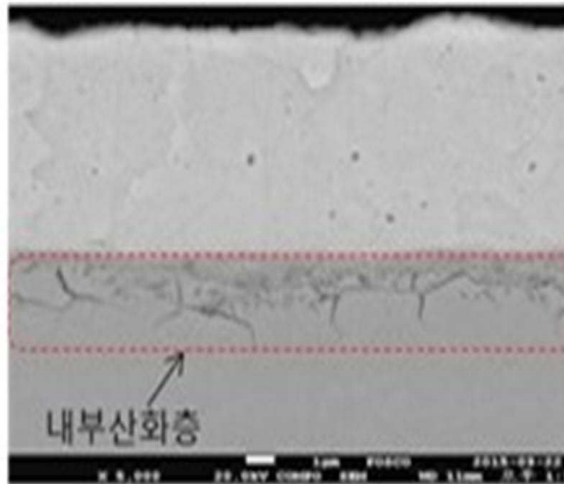
(54) 발명의 명칭 점 용접성이 우수한 아연도금강판 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 점 용접성이 우수한 아연도금강판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

본 발명의 한가지 측면에 따른 아연도금강판은 강판; 및 상기 강판 표면에 형성된 아연계 도금층을 포함하고, 상기 강판의 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치(a)와 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)의 비율(a/b)이 1.5 이상일 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C22C 38/22 (2013.01)
C22C 38/26 (2013.01)
C22C 38/28 (2013.01)
C22C 38/32 (2013.01)
C22C 38/38 (2013.01)
C23C 2/02 (2013.01)
C23C 2/28 (2013.01)
C23C 2/40 (2013.01)
C23G 1/08 (2013.01)

(72) 발명자

이규영

전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소

김중호

전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소

임영록

전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26 광양제철소

명세서

청구범위

청구항 1

강판; 및

상기 강판 표면에 형성된 아연계 도금층을 포함하고,

상기 강판의 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치(a)와 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)의 비율(a/b)이 1.5 이상인 점 용접성이 우수한 아연도금강판.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치(a)는 $3.0\mu\text{m}$ 이상인 점 용접성이 우수한 아연도금강판.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)는 $2.0\mu\text{m}$ 이하인 점 용접성이 우수한 아연도금강판.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 아연계 도금층의 도금 부착량은 $30\sim 70\text{g}/\text{m}^2$ 인 점 용접성이 우수한 아연도금강판.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 아연계 도금층이 합금화도가 8~13중량%인 합금화 용융아연도금(GA) 층인 점 용접성이 우수한 아연도금강판.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 강판이 C: 0.05~1.5%, Si: 2.0% 이하, Mn: 1.0~30%, S-Al(산 가용성 알루미늄): 3% 이하, Cr: 2.5% 이하, Mo: 1% 이하, B: 0.005% 이하, Nb: 0.2% 이하, Ti: 0.2% 이하, V: 0.2% 이하, Sb+Sn+Bi: 0.1% 이하, N: 0.01% 이하를 포함하는 조성을 가지는 점 용접성이 우수한 아연도금강판.

청구항 7

강 슬라브를 열간압연하여 열연강판을 얻는 단계;

상기 열연강판을 $590\sim 750^\circ\text{C}$ 의 온도에서 권취하여 열연강판을 얻는 단계;

상기 권취된 열연강판의 에지부를 $600\sim 800^\circ\text{C}$ 에서 5~24시간 가열하는 단계;

상기 열연강판을 180~250rpm의 통관속도로 5~25%의 염산 용액으로 산세하는 단계;

상기 열연강판을 냉간압연하여 냉연강판을 얻는 단계;
 650~900℃에서 -10~30℃ 의 이슬점의 분위기로 상기 냉연강판을 소둔하는 단계; 및
 상기 소둔된 냉연강판을 용융아연도금하는 단계
 를 포함하는 점 용접성이 우수한 아연도금강판의 제조방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 용융아연도금된 냉연강판을 합금화 열처리하는 단계를 더 포함하는 점 용접성이 우수한 아연도금강판의 제조방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 합금화 열처리는 480~560℃의 온도에서 수행되는 점 용접성이 우수한 아연도금강판의 제조방법.

청구항 10

제 7 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 강 슬라브가 C: 0.05~1.5%, Si: 2.0% 이하, Mn: 1.0~30%, S-Al(산 가용성 알루미늄): 3% 이하, Cr: 2.5% 이하, Mo: 1% 이하, B: 0.005% 이하, Nb: 0.2% 이하, Ti: 0.2% 이하, V: 0.2% 이하, Sb+Sn+Bi: 0.1% 이하, N: 0.01% 이하를 포함하는 조성을 가지는 점 용접성이 우수한 아연도금강판.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 점 용접성이 우수한 아연도금강판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 환경 오염 등의 문제로 자동차 배출가스와 연비에 대한 규제는 날로 강화되어 가고 있다. 그로 인하여 자동차 강판의 경량화를 통한 연료 소모량의 감소에 대한 요구가 강해지고 있으며, 따라서 단위 두께 당 강도가 높은 여러 종류의 고강도 강판이 개발되어 출시되고 있다.

[0005] 고강도 강이라 함은 통상 490MPa 이상의 강도를 가지는 강을 의미하는데, 반드시 이로 한정하는 것은 아니나, 변태유기소성(Transformation Induced Plasticity; TRIP) 강, 쌍정유기소성(Twin Induced Plasticity; TWIP) 강, 이상조직(Dual Phase; DP) 강, 복합조직(Complex Phase; CP) 강 등이 이에 해당할 수 있다.

[0007] 한편, 자동차 강재는 내식성을 확보하기 위하여 표면에 도금을 실시한 도금강판의 형태로 공급되는데 그 중에서도 아연도금강판(GI강판) 또는 합금화 아연도금강판(GA)는 아연의 희생방식 특성을 이용하여 높은 내식성을 가지기 때문에 자동차용 소재로 많이 사용된다.

[0009] 그런데, 고강도 강판의 표면을 아연으로 도금할 경우, 점 용접성이 취약해 진다는 문제가 있다. 즉, 고강도 강 의 경우에는 인장강도와 더불어 항복강도가 높기 때문에 용접 중 발생하는 인장응력을 소성 변형을 통해 해소하기 어려워서 표면에 미소 크랙이 발생할 가능성이 높다. 고강도 아연도금강판에 대하여 용접을 실시하면 용점이 낮은 아연이 강판의 미소크랙으로 침투하게 되고 그 결과 액상금속취화(Liquid Metal Embrittlement; LME)라고

하는 현상이 발생하여 강판이 파괴에 이르게 되는 문제가 발생할 수 있으며, 이는 강판의 고강도화에 큰 걸림돌로 작용하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 한가지 측면에 따르면 점 용접성이 우수한 아연도금강판 및 그 제조방법이 제공된다.

[0013] 본 발명의 과제는 상술한 내용에 한정되지 아니한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자라면 본 발명 명세서의 전반적인 내용으로부터 본 발명의 추가적인 과제를 이해하는데 아무런 어려움이 없을 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 한가지 측면에 따른 아연도금강판은 강판; 및 상기 강판 표면에 형성된 아연계 도금층을 포함하고, 상기 강판의 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치(a)와 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)의 비율(a/b)이 1.5 이상일 수 있다.

[0017] 본 발명의 다른 한가지 측면에 따른 아연도금강판의 제조방법은, 강 슬라브를 열간압연하여 열연강판을 얻는 단계; 상기 열연강판을 590~750℃의 온도에서 권취하여 열연강판을 얻는 단계; 상기 권취된 열연강판의 에지부를 600~800℃에서 5~24시간 가열하는 단계; 상기 열연강판을 180~250mpm의 통관속도로 5~25%의 염산 용액으로 산세하는 단계; 상기 열연강판을 냉간압연하여 냉연강판을 얻는 단계; 650~900℃에서의 이슬점이 -10~30℃ 범위로 되도록 제어하면서 상기 냉연강판을 소둔하는 단계; 및 상기 소둔된 냉연강판을 용융아연도금하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 상술한 바와 같이, 본 발명은 균일하면서도 충분한 두께를 가지는 내부 산화 층을 가지는 소지강판에 아연계 도금을 실시하였으므로, 용접시 소지강판의 표면에서 미소 크랙이 발생할 가능성을 크게 줄여 액상금속취화(LME)에 의한 용접불량의 문제를 방지할 수 있으며 도금표면품질이 우수한 용융아연도금강판을 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 발명에 1에 의해 제조된 도금 강판의 단면을 관찰한 사진, 그리고
 도 2는 각 크랙 발생 위치를 크랙의 타입별로 도시한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0024] 본 발명에서 아연도금강판이라고 함은 아연도금강판(GI 강판) 뿐만 아니라 합금화 아연도금강판(GA)는 물론이고 아연이 주로 포함된 도금강판 모두를 포함하는 개념임에 유의할 필요가 있다. 아연이 주로 포함된다는 것은 도금층에 포함된 원소 중 아연의 비율이 가장 높은 것을 의미한다. 다만, 합금화 아연도금강판에서는 아연 보다 철의 비율이 높을 수 있으며, 철을 제외한 나머지 성분 중 아연의 비율이 가장 높은 것을 포함할 수 있다.

- [0026] 본 발명의 발명자들은 용접시 발생하는 액상금속취화가 강판의 표면에서부터 발생하는 미소 크랙에 그 원인이 있다는 것에 착안하여, 표면의 미소크랙을 억제하는 수단에 관하여 연구하고, 이를 위해서는 강판 표면의 조직을 연결화 하는 것이 필요할 뿐만 아니라, 연결조직의 비율을 균일하게 제어하는 것이 필요하다는 것을 발견하고 본 발명에 이르게 되었다.
- [0028] 즉, 본 발명의 한가지 구현례에서는 강판 표면에 평균 두께가 일정 수준 이상인 내부 산화 층을 형성하되, 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준 편차를 일정 수준 이하로 제어한다. 본 발명의 한가지 구현례에 따르면 상기 내부 산화 층에는 내부 산화물이 존재할 수 있다. 상기 내부산화물은 Si, Mn, Al 및 Fe 중 적어도 1종 이상을 포함할 수 있고, 그 밖에 소지강판의 조성으로부터 유래된 추가의 원소를 더 포함할 수도 있다.
- [0030] 표면에 내부 산화 층을 형성할 경우에는 표면에 Mn, Si 등과 같은 경화능 원소들이 산화되어 더이상 고용상태로 존재하지 않으므로 표면 경도가 크게 감소할 수 있다. 경도를 감소시킬 경우에는 취성과 잔류 응력이 줄어들어 미소 크랙의 발생을 감소시킬 수 있으며, 따라서 LME를 크게 억제할 수 있다.
- [0032] 따라서, 강판의 내부 산화 층의 두께는 클수록 LME 발생방지에 유리하다. 그러나, 열간 압연 후 권취된 코일의 폭방향 냉각 속도의 불균일 분포로 인하여 내부산화 층의 깊이가 폭방향 위치별로 달라질 수 있다. 이러한 현상은 내부산화가 산소 포텐셜 뿐만 아니라 온도에도 민감하게 영향 받기 때문이다.
- [0034] 그런데, 이와 같이 내부 산화 층의 두께가 폭방향 위치 별로 달라질 경우에는 위치별로 LME 발생 정도가 달라지며 결국 취약한 용접부에서 파괴가 일어나게 되는 문제가 발생한다.
- [0036] 따라서, 본 발명에서는 강판의 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치(a)와 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)의 비율(a/b)이 1.5 이상이 되도록 제어한다. 통상 내부 산화층의 두께의 평균치(a)가 커질수록 그에 대응하여 표준편차(b)도 증가하기 때문에 a/b 값이 큰 값을 가지기 어렵다. 그러나, 점 용접성을 향상시키기 위해서는 a/b 값을 1.5 이상으로 하여 LME 저항성의 편차를 최소화할 필요가 있다. 본 발명의 한가지 구현례에서는 상기 a/b 값을 1.7 이상으로 정할 수 있다.
- [0038] 상술한 견지에서, 상기 비율(a/b)는 높을 수록 유리하기 때문에, 그 상한을 특별히 제한할 필요는 없다. 다만, 현실적으로 내부 산화 층의 두께가 두꺼울 경우 표준편차가 증가하는 것을 완전히 억제하는 것은 어렵기 때문에, 그 비율(a/b)의 상한을 3.5로 정할 수 있으며 한가지 구현례에서는 상기 비율(a/b)의 상한을 3.0으로 정할 수 있다.
- [0040] 본 발명의 한가지 구현례에서 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치(a)는 3.0 μ m 이상일 수 있다. 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치를 일정 수준 이상으로 하는 이유는 강판의 전체적인 LME 저항성을 높이기 위한 것이다. 본 발명의 한가지 구현례에서는 상기 내부 산화 층의 폭 방향 평균치는 4.0 μ m 이상일 수 있다. LME 저항성 확보의 측면에서는 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치의 상한을 특별히 정할 필요가 없으나, 내부 산화 층의 두께가 너무 두꺼울 경우에는 강판의 강도에 영향을 미칠 수 있으므로 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치의 상한을 10.0 μ m로 정할 수 있으며, 본 발명의 한가지 구현례는 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치의 상한을 6.0 μ m로 정할 수도 있다.
- [0042] 또한, 본 발명의 한가지 구현례에서 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)는 2.0 μ m 이하일 수 있다. 즉, 폭 방향 표준편차는 작을 수록 위치별 LME 저항성을 높일 수 있으므로, 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)는 2.0 μ m 이하로 정하며, 본 발명의 다른 한가지 구현례에서는 상기 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)를 1.5 μ m 이하로 정할 수 있다. 폭 방향 표준편차(b)는 작으면 작을수록 좋은 것이므로 그 하한

을 특별히 정할 필요가 없으나, 현실적인 한계를 고려하여 0.5 μ m 이상 또는 1.0 μ m 이상으로 정할 수 있다.

- [0044] 본 발명에서 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치(a)와 표준편차(b)는 강관의 전체 폭을 동일한 간격으로 분할 한 후, 최외곽을 포함하는 분할된 각 지점에서 내부 산화 층의 두께를 측정 한 후 이들 값의 평균치와 표준편차를 구하는 방법으로 구할 수 있다. 단, 에지부의 가장 외곽쪽 표면의 건전성이 문제가 될 경우에는 에지부로부터 약 1mm 지점은 제거하고 나서 균등분할한 지점의 데이터로부터 각 값을 구할 수 있다. 상기 강관을 분할하는 간격은 25cm 이하일 수 있으며, 본 발명의 한가지 실시예에서는 상기 폭을 20cm으로 하여 두께를 구하고 이를 평균치와 표준 편차를 구하는데 이용하였다.

- [0046] 본 발명에서 대상으로 하는 강관은 강도 490MPa 이상의 고강도 강관이라면 그 종류를 제한하지 아니한다. 다만, 반드시 이로 제한하는 것은 아니지만, 본 발명에서 대상으로 하는 강관은 중량 비율로, C: 0.05~1.5%, Si: 2.0% 이하, Mn: 1.0~30%, S-Al(산 가용성 알루미늄): 3% 이하, Cr: 2.5% 이하, Mo: 1% 이하, B: 0.005% 이하, Nb: 0.2% 이하, Ti: 0.2% 이하, V: 0.2% 이하, Sb+Sn+Bi: 0.1% 이하, N: 0.01% 이하를 포함하는 조성을 가질 수 있다. 나머지 성분은 철 및 기타 불순물이며, 그 밖에도 위에 열거되지 않되 강 중에 포함될 수 있는 원소들을 합계 1.0% 이하의 범위로 더 포함하는 것까지는 배제하지 아니한다. 본 발명에서 각 성분 원소의 함량은 특별히 달리 표현하지 아니하는 한 중량을 기준으로 표시한다.

- [0048] 본 발명의 몇몇 구현례에서는 상기 고강도 강관으로 TRIP강 등을 대상으로 할 수 있다. 이들 강은 세부적으로 구분할 때, 다음과 같은 조성을 가질 수 있다.

- [0050] 강 조성 1: C: 0.05~0.30%(바람직하게는 0.10~0.25%), Si: 0.5~2.5%(바람직하게는 1.0~1.8%), Mn: 1.5~4.0%(바람직하게는 2.0~3.0%), S-Al: 1.0% 이하(바람직하게는 0.05% 이하), Cr: 2.0% 이하(바람직하게는 1.0% 이하), Mo: 0.2% 이하(바람직하게는 0.1% 이하), B: 0.005% 이하(바람직하게는 0.004% 이하), Nb: 0.1% 이하(바람직하게는 0.05% 이하), Ti: 0.1% 이하(바람직하게는 0.001~0.05%), Sb+Sn+Bi: 0.05% 이하, N: 0.01% 이하, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함함. 경우에 따라 위에 열거되지 않되 강 중에 포함될 수 있는 원소들을 합계 1.0% 이하의 범위까지 더 포함할 수 있음.

- [0053] 강 조성 2: C: 0.05~0.30%(바람직하게는 0.10~0.2%), Si: 0.5% 이하(바람직하게는 0.3% 이하), Mn: 4.0~10.0%(바람직하게는 5.0~9.0%), S-Al: 0.05% 이하(바람직하게는 0.001~0.04%), Cr: 2.0% 이하(바람직하게는 1.0% 이하), Mo: 0.5% 이하(바람직하게는 0.1~0.35%), B: 0.005% 이하(바람직하게는 0.004% 이하), Nb: 0.1% 이하(바람직하게는 0.05% 이하), Ti: 0.15% 이하(바람직하게는 0.001~0.1%), Sb+Sn+Bi: 0.05% 이하, N: 0.01% 이하, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 포함함. 경우에 따라 위에 열거되지 않되 강 중에 포함될 수 있는 원소들을 합계 1.0% 이하의 범위까지 더 포함할 수 있음.

- [0055] 또한, 상술한 각 성분 원소들 중 그 함량의 하한을 한정하지 않은 경우는 이들을 임의 원소로 보아도 무방하며 그 함량이 0%가 되어도 된다는 것을 의미한다.

- [0057] 본 발명의 한가지 구현례에 따르면, 상기 강관의 표면에는 한 층 이상의 도금층이 포함될 수 있으며, 상기 도금층은 GI(Galvanized) 또는 GA(Galva-annealed) 등을 포함하는 아연계 도금층일 수 있다. 본 발명에서는 상술한 바와 같이 내부산화층의 폭 방향 평균치와 폭 방향 표준편차를 적절히 제어하였으므로, 아연계 도금층이 강관의 표면에 형성되더라도 점 용접시 발생하는 액상금속취화의 문제를 억제할 수 있다.

- [0059] 상기 아연계 도금층이 GA 층일 경우에는 합금화도(도금층 내 Fe의 함량을 의미함)를 8~13중량%, 바람직하게는

10~12중량%로 제어할 수 있다. 합금화도가 충분하지 못할 경우에는 아연계 도금층 중의 아연이 미소크랙으로 침투하여 액상금속취화의 문제를 일으킬 가능성이 잔류할 수 있으며, 반대로 합금화도가 너무 높을 경우에는 파우더링 등의 문제가 발생할 수 있다.

[0061] 또한, 상기 아연계 도금층의 도금 부착량은 $30\sim70\text{g/m}^2$ 일 수 있다. 도금 부착량이 너무 작을 경우에는 충분한 내식성을 얻기 어려우며, 반면 도금 부착량이 너무 클 경우에는 제조원가상승 및 액상금속취화의 문제가 발생할 수 있으므로 상술한 범위 내로 제어한다. 보다 바람직한 도금 부착량의 범위는 $40\sim60\text{g/m}^2$ 일 수 있다. 본 도금 부착량은 최종 제품에 부착된 도금층의 양을 의미하는 것으로서 도금층이 GA층일 경우에는 합금화에 의해 도금 부착량이 증가하기 때문에 합금화 전은 조금 그 중량이 조금 감소할 수 있으며, 합금화도에 따라 달라지기 때문에 반드시 이로 제한하는 것은 아니나 합금화 전의 부착량(즉, 도금욕으로부터 부착되는 도금의 양)은 그보다 약 10% 정도 감소된 값일 수 있다.

[0063] 이하, 본 발명의 강판을 제조하는 구현례에 대하여 설명한다. 다만, 본 발명의 강판은 반드시 하기하는 구현례에 의하여 제조될 필요는 없으며, 하기하는 구현례는 본 발명의 강판을 제조하는 한가지 바람직한 방법이라는 것에 유의할 필요가 있다.

[0065] 상술한 조성의 강 슬라브를 열간압연 한 후 권취하는 과정에 의해 열연강판을 제조할 수 있다. 슬라브의 가열(직송압연의 경우에는 온도 관리) 또는 열간압연 등의 조건에 대해서는 특별히 제한하지 아니하나, 본 발명의 한가지 구현례에서는 권취 온도를 다음과 같이 제한할 수 있다.

[0067] 권취온도: $590\sim750^\circ\text{C}$

[0068] 권취된 강판은 서냉 과정을 거치게 된다. 이와 같은 과정에 의하여 내부 산화층이 코일 내부에 형성되게 되는데, 슬라브의 권취 온도가 너무 낮을 경우에는 내부 산화에 필요한 온도 보다 낮은 온도에서 코일이 서냉되므로 충분한 내부 산화의 효과를 거두기 어렵다. 반대로 권취온도가 너무 높을 경우에는 폭방향 중심부와 에지부 사이의 온도 편차가 커지고 그에 따라 재질편차가 증가하게 된다. 이러한 경우 냉간 압연성이 열위해지고, 더불어 최종 제품의 강도가 저하될 뿐만 아니라 성형성도 나빠질 우려가 있다. 또한, 표면산화 관점에서도 권취 온도가 너무 높을 경우에는 스케일의 재산화가 발생하여 Fe_2O_3 가 생성될 수 있는데, 이러한 경우 표면품질이 열위해 질 수 있다. 따라서, 본 발명의 한가지 구현례에서는 상기 권취 온도의 상한을 750°C 로 정할 수 있다.

[0070] 이후, 권취된 강판(열연 코일)은 에지부에 대하여 추가적인 내부 산화를 실시하기 위하여 에지부 가열 과정을 겪게 된다. 에지부 가열의 구체적인 조건은 하기 하는 바와 같다.

[0072] 열연 코일 에지부 가열: $600\sim800^\circ\text{C}$ 에서 5~24시간 실시

[0073] 본 발명에서는 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)를 더욱 줄이기 위하여 열연 코일의 에지부를 가열한다. 열연 코일 에지부 가열이라 함은 권취된 코일의 폭방향 양쪽 단부, 즉 에지부를 가열하는 것을 의미하는 것으로서 에지부 가열에 의하여 에지부가 내부 산화에 적합한 온도로 우선 가열된다. 즉, 권취된 코일은 내부는 고온으로 유지되나 에지부는 상대적으로 신속하게 냉각되는데, 이로 인하여 내부 산화에 적합한 온도에서 유지되는 시간이 에지부에서 보다 짧게 된다. 따라서, 폭방향 중심부에서의 내부 산화 층의 두께에 비하여 에지부에서의 내부 산화 층의 두께가 얇게 형성된다. 에지부 가열은 이러한 폭방향 두께의 불균일을 해소하는 한가지 방안으로 사용될 수 있다.

[0074] 즉, 에지부 가열을 실시할 경우 권취 후 냉각의 경우와는 반대로 에지부가 우선 가열되고 따라서 폭방향 에지부의 온도가 내부 산화에 적합하게 유지되는데 그 결과 에지부의 내부 산화 층 두께가 증가하게 된다. 이를 위해서는 상기 에지부 가열 온도는 600°C 이상(강판 에지부의 온도를 기준으로 함)일 필요가 있다. 다만 온도가 너

무 높을 경우에는 가열 중에 예지부에 스케일이 과도하게 형성되거나 다공질의 고산화 스케일(hematite)가 형성되어 산세 후 표면상태가 나빠질 수 있으므로 상기 예지부 온도는 800℃ 이하일 수 있다. 보다 바람직한 예지부 가열 온도는 600~750℃이다.

[0075] 또한, 권취시에 발생한 내부 산화 층 두께의 불균일을 해소하기 위해서는 상기 예지부 가열 시간은 5시간 이상일 필요가 있다. 다만, 예지부 가열 시간이 너무 길 경우에는 스케일이 과도하게 형성되거나 오히려 예지부의 내부 산화 층 두께가 너무 두꺼워져서 불균일이 발생할 수 있다. 따라서, 예지부 가열 시간은 24시간 이하일 수 있다.

[0076] 본 발명의 한가지 구현례에 따르면 상기 예지부 가열은 공연비 조절을 통한 연소 가열 방식에 의해서 이루어질 수 있다. 즉, 공연비 조절에 의하여 분위기 중의 산소 분율이 달라질 수 있는데, 산소 분율이 높을 수록 강관의 표층과 접하는 산소 농도가 증가하여 탈탄이나 내부 산화가 증가할 수 있다. 반드시 이로 한정하는 것은 아니나, 본 발명이 한가지 구현례에서는 공연비 조절을 통하여 산소를 0.5~2체적% 포함하는 질소 분위기로 제어할 수 있다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자라면 특별한 어려움 없이 공연비 조절을 통하여 산소 분율을 제어할 수 있으므로 이에 대해서는 별도로 설명하지 아니한다.

[0078] 이후, 예지부 가열 처리된 열연 강관의 표면의 스케일을 제거하기 위하여 산세를 실시한다. 구체적인 산세 조건은 하기하는 바와 같다.

[0080] 산세: 180~250mpm의 속도로 5~25%의 염산 용액으로 실시

[0081] 강관 표면에 형성된 스케일을 제거하기 위하여 180~250mpm의 속도로 5~25%(부피기준)의 염산 용액 산세를 실시할 수 있다. 산세 속도가 너무 느리거나 염산의 농도가 너무 높은 경우에는 열연강관의 표면 스케일이 제거될 뿐만 아니라 소지철이 노출되어 내부산화 입계가 부식될 수 있다. 이러한 경우 플레이킹(flaking)성 덴트 등의 문제를 발생시킬 수 있으며, 내부 산화층의 용해로 인하여 LME에 대한 저항성이 저하될 우려가 있다. 반면, 산세 속도가 너무 빠르거나 염산의 농도가 낮을 경우에는 스케일 제거가 충분하지 않을 수 있으므로, 본 발명의 한가지 구현례에서는 산세 속도와 염산 농도를 상술한 범위로 제어할 수 있다. 또한, 강관이 적절한 시간동안 산세될 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 한가지 구현례에서는 상기 산세라인의 길이를 50 내지 150m로 정할 수 있다.

[0083] 이후, 산세된 열연강관에 대하여 냉간압연 과정 및 소둔 과정을 수행할 수 있다. 이때, 본 발명의 한가지 구현례에 따르면 의도하는 내부 산화층을 얻기 위해서는 소둔시 소둔온도와 소둔로내 이슬점을 다음과 같은 방식으로 제어하는 것이 유리하다.

[0085] 소둔 조건: 650~900℃에서 -10~30℃ 의 이슬점의 분위기로 실시

[0086] 본 발명에서 소둔을 실시하는 온도는 충분한 내부 산화 효과가 나타나는 온도인 650℃ 이상일 수 있다. 다만, 온도가 너무 높을 경우에는 Si 등의 표면 산화물이 형성되어 산소가 내부로 확산하는 것을 방해할 뿐만 아니라, 균열대 가열 중 오스테나이트가 과도하게 발생하여 탄소 확산속도가 저하되고 그로 인하여 탈탄 정도가 감소될 수 있으며, 또한 소둔로의 부하를 발생시켜 설비 수명을 단축시키고 공정비용을 증가시키는 문제점을 야기할 수 있기 때문에 상기 이슬점을 제어하는 온도는 900℃ 이하일 수 있다. 본 발명에서 소둔을 실시하는 온도라 함은 균열대의 온도를 의미한다.

[0087] 이때, 충분하고 균일한 내부 산화층을 형성시키기 위하여 소둔로내 분위기의 이슬점을 제어하는 것이 유리하다. 이슬점이 너무 낮을 경우에는 내부 산화가 아니라 표면 산화가 발생하여 표면에 Si나 Mn 등의 산화물이 생성될 우려가 있다. 따라서, 이슬점은 -10℃ 이상으로 제어할 필요가 있다. 반대로 이슬점이 너무 높을 경우에는 Fe의 산화가 발생할 우려가 있으므로, 이슬점은 30℃ 이하로 제어될 필요가 있다.

[0088] 이때, 이슬점은 수소를 1~10부피% 포함하는 습질소(N₂+H₂O)를 소둔로 내에 투입함으로써 조절할 수 있다.

[0090] 이와 같은 과정에 의하여 소둔된 강관은 도금욕 온도 이상(460~500℃)으로 재가열 한 후 도금욕에 침지하여 용융 아연 도금을 실시한다. 본 발명의 한가지 구현례에 따르면 도금욕에 침지되는 소둔된 강관의 두께는 1.0~2.0mm로 조절될 수 있다. 본 발명의 한가지 구현례에 따르면 상기 도금욕은 아연계 도금욕으로서 Zn 을 50 중량% 이상 포함할 수 있다.

[0092] 상술한 과정에 의하여 도금된 용융아연도금강관은 이후 필요에 따라 합금화 열처리 과정을 거칠 수 있다. 합금화 열처리의 바람직한 조건은 하기하는 바와 같다.

[0094] 합금화(GA) 온도: 480~560℃

[0095] 480℃ 미만에서는 Fe확산량이 적어 합금화도가 충분하지 못해 도금물성이 좋지 않을 수 있으며, 560℃를 초과하게 되는 경우 과도한 합금화로 인한 파우더링(powdering) 문제가 발생할 수 있고, 잔류 오스테나이트의 페라이트 변태로 재질이 열화될 수 있으므로 합금화 온도를 상술한 범위로 정한다.

[0096] 본 발명의 한가지 구현례에서 상기 충분한 합금화도를 확보하기 위해서는 상기 합금화 열처리 시간은 1초 이상일 수 있다. 다만, 합금화 열처리 시간이 너무 길 경우에는 합금화도가 본 발명에서 규정하는 범위를 초과할 수 있으므로, 상기 합금화 열처리 시간의 상한은 5초로 정할 수 있다.

[0098] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다. 다만, 하기하는 실시예는 본 발명을 예시하여 구체화하기 위한 것일 뿐 본 발명의 권리범위를 제한하기 위한 것이 아니라는 점에 유의할 필요가 있다. 본 발명의 권리범위는 특허청구범위에 기재된 사항과 이로부터 합리적으로 유추되는 사항에 의하여 정해지는 것이기 때문이다.

[0100] (실시예)

[0102] 하기 표 1에 기재된 조성을 가지는 강 슬라브(표에서 기재되지 않은 나머지 성분은 Fe 및 불가피하게 포함되는 불순물임. 또한 표에서 B와 N은 ppm 단위로 표시하였으며, 나머지 성분들은 중량% 단위로 표시함)를 열간압연한 후, 열연 코일에 대하여 산소를 포함하는 질소 분위기에서 에지부 가열을 실시하였으며, 그 후 길이 100mm의 산세라인에서 210mpm의 통관속도로 진행되는 강관을 19.2부피%의 염산 용액으로 산세 한 후, 냉간압연하고, 얻어진 냉연강관을 소둔로에서 소둔한 후 강관을 480℃로 재가열 한 후, Al을 0.13중량% 포함하는 아연계 도금욕에 침지하여 용융아연도금을 실시한 후 에어나이핑을 통해 부착량을 조절하였다. 얻어진 용융아연도금강관에 필요에 따라 4초간 합금화(GA) 열처리를 실시하여 최종적으로 합금화 용융아연도금강관을 얻었다.

[0104] 합금화를 실시하지 않고 단지 용융아연도금강관을 얻을 경우에는 상술한 조건으로 냉연강관을 소둔하고 재가열한 후, Al을 0.24중량% 포함하는 아연계 도금욕에 침지하여 도금을 실시하였으며, 이후 에어나이핑 후에 강관을 냉각하여 최종적으로 용융아연도금(GI)강관을 얻었다.

[0106] 모든 실시예에서 두께 1.6mm의 강관을 얻기 위하여 압하율을 47%로 냉간압연 하였으며, 소둔시 균열대 온도를 830℃로, 통관속도를 90mpm으로, 그리고 소둔로내 습질소에 포함된 수소의 비율을 5체적%로 정하였다.그 밖의 각 실시예별 조건은 표 2에 기재한 바와 같다.

표 1

[0108]

강종	C	Si	Mn	S-Al	Cr	Mo	B	Nb	Ti	V	Sb	Sn	Bi	N
A	0.12	1.2	2.15	0.021	0.005	0.05	15	0.021	0.045	0	0	0.021	0	21
B	0.21	1.47	2.18	0.015	0.021	0.021	11	0.012	0.047	0	0	0.032	0	12

C	0.17	1.5	2.47	0.003	0.045	0	12	0.035	0.021	0	0	0	0	11
D	0.2	0.27	7.53	0.041	0.001	0	14	0.021	0.031	0	0	0	0	12
E	0.12	0.05	4.12	0.021	0.0021	0.021	21	0.015	0.027	0	0	0	0	7
F	0.19	0.57	2.16	0.015	0.045	0.032	14	0.012	0.014	0	0.027	0	0	15

표 2

강종	구분	권취온도 (°C)	에지부 가열			소둔 균열대의 이슬점(°C)	합금화 온도 (°C)
			가열온도 (°C)	가열시간 (시간)	산소분율 (%)		
A	발명예1	600	650	10	1.2	5.4	512
C	비교예1	647	689	10	3.45	5.7	514
F	비교예2	621	721	2.7	1.47	6.9	503
B	비교예3	594	682	10	1.19	10.8	575
F	발명예2	610	698	6	1.32	20.1	521
A	비교예4	512	620	10	1.45	12.4	517
C	비교예5	617	821	8	1.54	4.5	501
F	비교예6	532	674	10.5	1.45	10.5	512
B	비교예7	612	705	37	1.45	7.4	517
C	비교예8	621	704	15	1.24	-25	515
E	비교예9	612	547	11	1.12	7.45	512
E	비교예10	597	715	12	0.14	12.2	521
D	발명예3	620	690	7	1.21	8.1	-
E	비교예11	614	701	9	1.14	12.6	461
C	비교예12	614	520	10	1.57	9.45	508
E	발명예4	593	720	12	1.41	15.2	517
F	비교예13	608	512	9	1.47	5.45	521
C	발명예5	621	710	12	1.14	6.9	496
E	비교예14	612	687	10.5	1.24	-17.4	520
D	비교예15	604	720	11.5	1.23	-56.2	-
B	비교예16	521	678	9.5	1.54	15.2	501
A	비교예17	621	802	7.5	1.63	7.9	521
B	발명예6	632	670	8	1.23	6.9	527
F	비교예18	645	621	9.5	1.65	-30.2	517

[0110] 상술한 과정에 의하여 제조된 합금화 용융아연도금(GA) 강판의 특성을 측정하고, 점 용접시 액상금속취화(LME가 발생하였는지 여부를 관찰한 결과를 표 3에 나타내었다. 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 평균치(a)와 내부 산화 층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)는 강판의 에지부로부터 1mm 지점은 제거하고 나서 20cm 간격으로 균등분할한 각 지점의 데이터로부터 구하였다. 강판을 폭방향으로 절단하여 에지부에서 중심부까지의 순서대로 에지(Edge), 미들(Mid), 센터(Cen) 부위로 하였으며, 절단된 시편의 중앙부에 점 용접을 실시하였다. 점 용접은 교류(AC)형 점 용접기를 사용하여 23 사이클(cycle; 전류 주기를 의미한다, 본 실시예에서는 60Hz 교류 전류를 사용하였다) 통전 후 6 사이클 휴지 후 다시 10 사이클 통전하고, 유지(holding)를 1 사이클 가하는 조건으로 실시하였다. 또한, 상술한 점 용접시 각 평가소재를 2점으로 놓고 하부에 구멍이 1.4mm인 강도 980MPa급 합금화 용융아연도금(GA) DP 강판을 겹쳐놓는 2중 3점 용접을 실시하였으며, 지름 8mm의 돔형태를 가지는 전극을 사용하였으며, 전극과 시편 간의 각도를 5도 기울이는 조건으로 하였다. 이때, 각 시편별로 날림(expulsion)이 발생하는 상한 전류를 측정하고, Exp-0.2kA(상한전류보다 0.2kA 낮은 전류) 및 Exp-0.5kA(상한전류보다 0.5kA 낮은 전류)에서 각 전류별 9회씩 점 용접을 실시하였다. LME 발생여부를 판정하기 위하여 점 용접부의 중앙부를 절단하여 모든 단면을 광학현미경 100배로 관찰하는 조건에서 도 2의 B-타입과 C-타입 크랙의 최대 길이를 측정하였다. B-타입 크랙의 경우 100 μ m를 초과하는 길이를 가지는 크랙이 존재할 경우 불량으로 판정하였으며, 그렇지 않으면 양호로 판정하였다. C-타입 크랙 관찰되면(길이에 제한이 없음) 불량으로 판정하였으며, 그렇지 않으면 양호로 판정하였다. 각 시편에서 불량인 경우가 하나라도 발생할 경우 용접시 LME 에 대한 저항성(점 용접성)은 양호하지

않은 것으로 판정할 수 있다. 표 4에 각 발명에 및 비교예의 LME 측정 결과를 나타내었다.

표 3

[0114]

강종	구분	내부 산화층의 두께의 폭 방향 평균치(a)	내부 산화층의 두께의 폭 방향 표준편차(b)	a/b	인장강도 (MPa)	도금 종류	도금 표면 품질	합금화도 (wt%)	도금 부착량 (g/m ²)
A	발명예1	5.20	1.75	2.97	875	GA	양호	10.9	47
F	발명예2	3.20	1.95	1.64	921	GA	양호	11.2	43
D	발명예3	5.47	1.94	2.82	954	GI	양호	-	60
E	발명예4	3.10	1.12	2.77	782	GA	양호	10.4	45
C	발명예5	5.74	1.98	2.90	1187	GA	양호	10.9	47
B	발명예6	5.40	1.87	2.89	1105	GA	양호	11.5	48
C	비교예1	4.70	3.01	1.56	1204	GA	불량	10.5	51
F	비교예2	5.40	3.65	1.48	914	GA	양호	11.4	51
B	비교예3	4.10	1.94	2.11	1171	GA	불량	15	45
A	비교예4	0.45	3.70	0.12	861	GA	양호	11.5	47
C	비교예5	5.20	3.21	1.62	1204	GA	불량	11.2	44
F	비교예6	1.20	4.33	0.28	903	GA	양호	10.4	45
B	비교예7	3.40	2.21	1.54	1203	GA	불량	9.45	45
C	비교예8	5.40	2.18	2.48	1214	GI	불량	-	59
E	비교예9	6.70	3.95	1.70	796	GA	양호	10.2	51
E	비교예10	4.50	3.65	1.23	801	GA	양호	9.98	47
E	비교예11	5.10	1.75	2.91	774	GA	불량	7.1	44
C	비교예12	5.40	3.45	1.57	1207	GA	양호	10.7	43
F	비교예13	5.30	3.75	1.41	914	GA	양호	10.4	45
E	비교예14	2.72	1.45	1.88	795	GA	불량	10.1	47
D	비교예15	1.45	1.45	1.00	956	GI	양호	-	62
B	비교예16	0.93	3.45	0.27	1178	GA	양호	9.5	45
A	비교예17	5.20	1.98	2.63	895	GA	불량	10.2	47
F	비교예18	2.45	0.75	3.27	907	GA	불량	9.6	45

[0115]

※내부 산화 층의 폭 방향 평균치(a)와 표준편차(b)는 μm 단위임.

표 4

[0117]

강종	구분	LME 크랙길이(μm)					
		Edge		Mid		Cen	
		B-type	C-type	B-type	C-type	B-type	C-type
A	발명예1	양호	양호	양호	양호	양호	양호
F	발명예2	양호	양호	양호	양호	양호	양호
D	발명예3	양호	양호	양호	양호	양호	양호
E	발명예4	양호	양호	양호	양호	양호	양호
C	발명예5	양호	양호	양호	양호	양호	양호
B	발명예6	양호	양호	양호	양호	양호	양호
C	비교예1	양호	양호	양호	양호	양호	양호
F	비교예2	불량	불량	불량	불량	양호	양호
B	비교예3	양호	양호	양호	양호	양호	양호
A	비교예4	양호	양호	불량	불량	불량	불량
C	비교예5	양호	양호	양호	양호	양호	양호
F	비교예6	양호	양호	불량	불량	불량	불량
B	비교예7	양호	양호	양호	양호	양호	양호
C	비교예8	불량	불량	불량	불량	불량	불량
E	비교예9	불량	불량	양호	양호	양호	양호
E	비교예10	불량	불량	양호	양호	양호	양호

E	비교예11	양호	양호	양호	양호	양호	양호
C	비교예12	불량	불량	불량	불량	양호	양호
F	비교예13	불량	불량	양호	양호	양호	양호
E	비교예14	불량	불량	불량	불량	불량	불량
D	비교예15	불량	불량	불량	불량	불량	불량
B	비교예16	양호	양호	양호	양호	불량	불량
A	비교예17	양호	양호	양호	양호	양호	양호
F	비교예18	불량	불량	불량	불량	불량	불량

- [0119] 발명예 1, 2, 3, 4, 5, 및 6은 강조성을 본 발명에서 제시하는 범위를 만족하였으며, 제조방법 또한 본 발명의 범위를 만족하여 인장강도, 도금표면품질, 도금부착량 및 점용접 LME 크랙 길이도 양호하였다. 도 1은 본 발명의 발명예 1에 의해 제조된 강관의 절단면을 관찰한 사진으로서, 도면을 통하여 내부에 균일한 내부 산화 층이 충분한 두께로 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0121] 비교예 1에서는 에지부 열처리로 가열 온도 및 시간이 본 발명이 제시하는 범위를 만족하지만 산소분율이 범위를 초과하였다. 열처리 과정 중 에지부에 과산화 발생하여 표면 스케일이 붉은 색의 헤마타이트를 형성하고, 스케일의 두께가 과도하게 두꺼워졌다. 열연 후 산세 과정에서 에지부가 과도하게 산세되면서 표면조도가 높아져 도금 이후 표면 형상이 불균일하고 표면색상이 중앙부와 상이한 색상 불균일 결함이 발생하였다.
- [0123] 비교예 2는 에지부 열처리시 가열온도는 본 발명의 범위를 만족하지만, 가열 시간이 본 발명이 제시하는 범위보다 짧았던 경우이다. 에지부에 충분한 내부산화가 형성되지 않아 내부산화 깊이 폭방향 편차가 2 μ m를 초과하였고, 점용접 LME 크랙 평가시 에지부 또는 미들부가 기준을 만족하지 못하여 불량하였다.
- [0125] 비교예 3은 GA합금화 과정에서 합금화 온도가 본 발명이 제시하는 범위를 초과한 경우이다. Fe 합금화도가 높아 색상이 어둡게 나타나 표면품질이 불량하였다. GA파우더링 평가시 파우더링이 과도하게 발생하였다.
- [0127] 비교예 4, 6, 및 16은 열연 공정 중 권취 온도가 본 발명에서 제시하는 범위 보다 낮았던 경우이다. 따라서 열연 과정 중에 발생하는 폭방향 중앙부 및 에지부의 탈탄이 충분히 발생하지 않아 소둔 중 이슬점을 높게 작업하여도 폭방향 중앙부 내부산화 깊이가 3 μ m 미만으로 형성되고, 폭방향 내부산화 표준편차 또한 2 μ m를 초과하였다. 따라서 GA합금화도 및 도금표면품질이 우수하여도 점용접 LME 평가시 센터부 및 미들부가 불량하였다.
- [0129] 비교예 5 및 17에서는 에지부 열처리 가열 온도가 본 발명에서 제시하는 범위를 초과하였으며, 열처리 과정 중 에지부에 과산화 발생하여 표면 스케일이 붉은 색의 헤마타이트(hematite)를 형성하고, 스케일의 두께가 과도하게 두꺼워졌다. 열연 후 산세 과정에서 에지부가 과도하게 산세되면서 표면조도가 높아져 도금 이후 표면 형상이 불균일하고 표면색상이 중앙부와 상이한 색상 불균일 결함이 발생하였다.
- [0131] 비교예 7에서는 열처리로 가열온도는 본 발명의 범위를 만족하지만, 가열 시간을 초과하여 열처리 과정 중 에지부에 과산화 발생하여 표면 스케일이 붉은 색의 헤마타이트를 형성하고, 스케일의 두께가 과도하게 커졌다. 열연 후 산세 과정에서 에지부가 과도하게 산세되면서 표면조도가 높아져 도금 이후 표면 형상이 불균일하고 표면색상이 중앙부와 상이한 색상 불균일 결함이 발생하였다.
- [0133] 비교예 8, 14, 15 및 18은 소둔 중 로내 이슬점이 본 발명이 제시하는 범위보다 낮았던 경우이다. 열연 및 열처리로 가열 공정 중 전폭에 충분한 내부산화를 통한 탈탄을 발생시켜도, 냉간압연 후 소둔 공정 중 이슬점이 충

분히 높지 않아 탄소의 균질화가 일어나 충분한 탈탄 수준을 형성하지 못하여 점용접 LME 크랙 길이가 전폭 불량하였다.

[0135] 비교예 9, 12 및 13은 열처리로 가열온도가 본 발명의 범위보다 낮았던 경우이다. 에지부에 충분한 내부산화가 형성되지 않아 내부산화 깊이 폭방향 편차가 2 μ m를 초과하였고, 점용접 LME 크랙 평가시 에지부 또는 미들부가 기준을 만족하지 못하여 불량하였다.

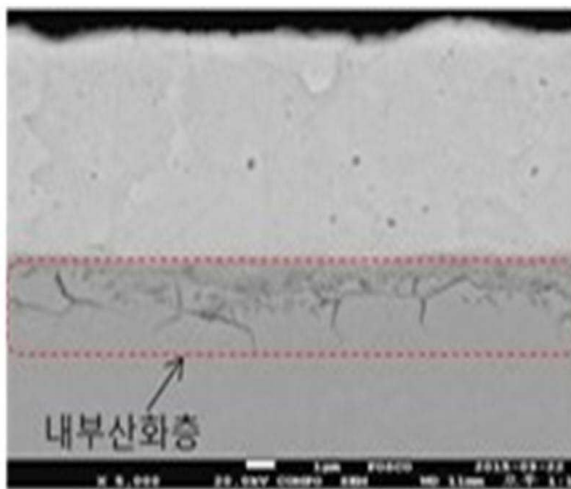
[0137] 비교예 10은 열처리로 가열 온도 및 시간이 본 발명이 제시하는 범위를 만족하지만 산소분율이 범위보다 낮았던 경우이다. 에지부에 충분한 내부산화가 형성되지 않아 내부산화 깊이 폭방향 편차가 2 μ m를 초과하였고, 점용접 LME 크랙 평가시 에지부 또는 미들부가 기준을 만족하지 못하여 불량하였다.

[0139] 비교예 11에서는 GA합금화 과정에서 합금화 온도가 본 발명이 제시하는 범위보다 낮았다. Fe합금화도가 기준보다 낮게 형성되어 표면이 지나치게 밝아서 표면품질이 불량하였다.

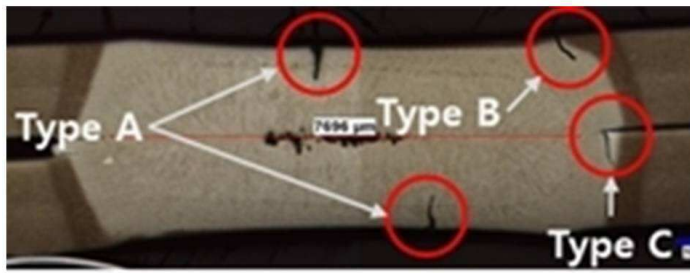
[0141] 따라서, 본 발명의 유리한 효과를 확인할 수 있었다.

도면

도면1



도면2



[점용접부 LME 균열 type]