



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년04월05일

(11) 등록번호 10-1846112

(24) 등록일자 2018년03월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C23C 2/06 (2006.01) C21D 1/18 (2006.01)
C21D 1/673 (2006.01) C22C 18/00 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
C22C 38/60 (2006.01) C23C 2/28 (2006.01)
C23C 2/40 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C23C 2/06 (2013.01)
C21D 1/18 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7028072

(22) 출원일자(국제) 2015년03월31일

심사청구일자 2016년10월10일

(85) 번역문제출일자 2016년10월10일

(65) 공개번호 10-2016-0132928

(43) 공개일자 2016년11월21일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2015/060185

(87) 국제공개번호 WO 2015/152263

국제공개일자 2015년10월08일

(30) 우선권주장

JP-P-2014-073811 2014년03월31일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

W02012091328 A2*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

신닛테츠스미킨 카부시키카이사

일본 도쿄도 치요다꾸 마루노우찌 2조메 6방 1고

(72) 발명자

센고쿠 아키히로

일본 1008071 도쿄도 치요다꾸 마루노우찌 2조메 6방 1고 신닛테츠스미킨카부시키카이사 내

다케바야시 히로시

일본 1008071 도쿄도 치요다꾸 마루노우찌 2조메 6방 1고 신닛테츠스미킨카부시키카이사 내

(74) 대리인

양영준, 성재동

전체 청구항 수 : 총 6 항

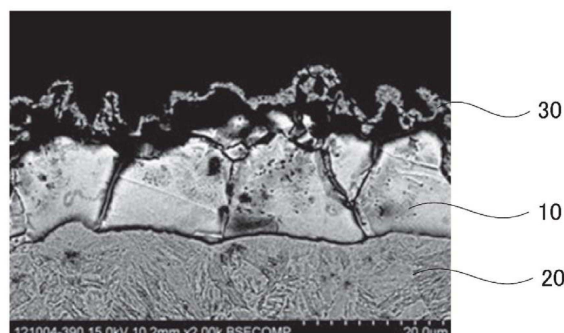
심사관 : 이철환

(54) 발명의 명칭 핫 스탬프 강재

(57) 요약

이 핫 스탬프 강재는, A_{c3} 점 이상의 온도로 가열하고 30분 간 유지한 후에 워터 퀴칭을 실시한 경우의 표층으로부터 판 두께의 1/4의 깊이의 위치에 있어서의 비커스 경도를 최고 퀴칭 경도라 정의한 경우, 상기 최고 퀴칭 경도의 85% 이하의 경도를 갖는 템퍼링부를 포함하는 강재인 모재와, 상기 모재의 상기 템퍼링부 상에 형성되는 아연 도금층을 구비하고, 상기 아연 도금층은, Fe 및 상기 Fe에 고용된 Zn을 함유하는 고용체상으로 이루어지는 고용체층과, 상기 고용체층과 캐피탈 감마상으로 이루어지는 라멜라층을 포함하며, 상기 아연 도금층에 있어서, 상기 라멜라층의 면적률이 30% 내지 100%이고, 상기 고용체층의 면적률이 0 내지 70%이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C21D 1/673 (2013.01)

C22C 18/00 (2013.01)

C22C 38/44 (2013.01)

C22C 38/58 (2013.01)

C22C 38/60 (2013.01)

C23C 2/28 (2013.01)

C23C 2/40 (2013.01)

C21D 2221/10 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

A_{c3}점 내지 950℃의 온도로 가열하고 30분 간 유지한 후에 워터 켄칭을 실시한 경우의 표층으로부터 판 두께의 1/4의 깊이의 위치에 있어서의 비커스 경도를 최고 켄칭 경도라 정의한 경우, 상기 최고 켄칭 경도의 85% 이하의 경도를 갖는 템퍼링부를 포함하는 강재인 소재와,

상기 소재의 상기 템퍼링부 상에 형성되는 아연 도금층을 구비하고,

상기 아연 도금층은, Fe 및 상기 Fe에 고용된 Zn을 함유하는 고용체상으로 이루어지는 고용체층과, 상기 고용체상과 캐피탈 감마상으로 이루어지는 라멜라층을 포함하며,

상기 아연 도금층의 압연 방향에 수직한 단면에 있어서, 상기 라멜라층의 면적률이 30% 내지 100%이고, 상기 고용체층의 면적률이 0 내지 70%이며,

상기 소재가,

C : 0.05 내지 0.4%,

Si : 0.05 내지 0.3%,

Mn : 0.5 내지 2.5%,

P : 0 내지 0.03%,

S : 0 내지 0.010%,

sol. Al : 0.01 내지 0.05%,

N : 0 내지 0.010%,

B : 0 내지 0.0050%,

Ti : 0 내지 0.10%,

Cr : 0 내지 0.5%,

Mo : 0 내지 0.50%,

Nb : 0 내지 0.10%,

Ni : 0 내지 1.0%,

를 함유하고, 잔부가 Fe 및 불순물을 포함하는 화학 조성을 갖는

것을 특징으로 하는, 핫 스탬프 강재.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 아연 도금층 중의 상기 라멜라층의 면적률이 80% 내지 100%인

것을 특징으로 하는, 핫 스탬프 강재.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

시험 하중을 10kgf로 하였을 때, 상기 템퍼링부의 비커스 경도가 180 내지 450Hv인

것을 특징으로 하는, 핫 스탬프 강재.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 템퍼링부의 경도가 상기 최고 켄칭 경도의 65% 이하인

것을 특징으로 하는, 핫 스탬프 강재.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

A_{c3} 점 내지 950°C 로 가열된 후, 금형을 사용한 프레스 가공에 의하여 가공과 켄칭이 동시에 실시되고, 그 후, 500°C 내지 700°C 미만에서 템퍼링됨으로써 제조되는

것을 특징으로 하는, 핫 스탬프 강재.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 모재 중 일부가 상기 템퍼링부인 것을 특징으로 하는, 핫 스탬프 강재.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 핫 스탬프 강재에 관한 것이다.

[0002] 본원은, 2014년 03월 31일에 일본에 출원된 일본 특허 출원 제2014-073811호에 기초하여 우선권을 주장하며, 그 내용을 여기에 원용한다.

배경 기술

[0003] 자동차 등에 사용되는 구조 부재를 고강도로 하기 위하여, 핫 스탬프에 의하여 제조된 구조 부재를 사용하는 경우가 있다. 핫 스탬프는, A_{c3} 점 이상으로 가열된 강관을 금형으로 프레스하면서 금형에서 강관을 급냉하는 방법이다. 즉, 핫 스탬프에서는 프레스 가공과 켄칭이 동시에 행해진다. 핫 스탬프에 의하면, 형상 정밀도가 높고 고강도의 구조 부재를 제조할 수 있다.

[0004] 이러한 핫 스탬프를 포함하는 제조 방법으로 제조된 강재(핫 스탬프 강재)는, 예를 들어 특허문헌 1, 특허문헌 2 및 특허문헌 3에 개시되어 있다. 이들 특허문헌에 개시되는 핫 스탬프 강재는, 내식성을 높이기 위하여 아연 도금이 실시된 강관에 대하여 핫 스탬프를 실시하여 제조된 강재이다.

[0005] 상술한 바와 같이, 핫 스탬프에서는 프레스 가공과 동시에 켄칭을 행한다. 또한 핫 스탬프는, 형상 정밀도가 높고 고강도의 구조 부재를 제조하는 데 적합하다. 그 때문에, 일반적으로 핫 스탬프 강재의 강도(인장 강도)는 1500MPa 정도 이상으로 높다. 그러나 최근 들어, 자동차 등의 충돌 안전성에 대한 요구가 높아지고 있어, 자동차용 부재에 있어서, 강도보다도 충돌 시에 있어서의 충격 흡수성이 요구되는 경우가 있다. 충격 흡수성을 높이기 위해서는, 일반적으로 강도가 낮은 재료인 편이 바람직하다. 핫 스탬프 강재에 있어서는, 강관의 합금 원소량이나 핫 스탬프 조건을 변경함으로써 어느 정도 강도를 변경할 수 있는 것은 알려져 있다. 그러나 핫 스탬프 공정에서 부재에 의하여 핫 스탬프 조건을 변경하는 것은 제조 부하의 상승을 초래하기 때문에 바람직하지 않다. 그 때문에, 최근 들어, 핫 스탬프에서의 켄칭에 의하여 1500MPa 정도 이상의 강도가 얻어지는 핫 스탬프 강재와 동일한 화학 조성을 갖고, 종래와 동등 이상의 내식성을 가지며, 또한 600 내지 1450MPa 정도의 강도를 갖는 핫 스탬프 강재가 요구되고 있다.

[0006] 그러나 상술한 특허문헌 1 내지 3에는, 내식성을 저하시키지 않고 핫 스탬프 강재의 강도를 저하시키는 방법에 대해서는 개시되어 있지 않다.

[0007] 또한 자동차용 부재에 적용되는 핫 스탬프 강재의 표면은 도장되는 경우가 많다. 도장 시에는, 인산염 처리성

(화성 처리성)이 높은 편이 도막 밀착성이 높아진다. 그 때문에, 핫 스탬프 강재에서는, 인산염 처리에 의하여 형성되는 인산염 피막이 부착되기 쉬운(즉, 인산염 처리성이 높은) 편이 바람직하다.

[0008] 일반적으로, 아연 도금층을 갖는 강재(아연 도금 강재)에 핫 스탬프를 행하면 인산염 처리성이 저하되는 것이 알려져 있다. 그러나 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재의 인산염 처리성을 높이는 기술에 대해서는 지금까지 보고되어 있지 않다.

[0009] 따라서 종전의 핫 스탬프 강재와 동일한 화학 조성을 갖고 있더라도, 높은 충격 흡수성을 갖고, 또한 인산염 처리성이 높은, 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재는 아직 제공되고 있지 않다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2003-73774호 공보
(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2003-129209호 공보
(특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제2003-126921호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기 과제를 감안하여 이루어졌다. 본 발명의 목적은, 동일한 화학 조성을 갖는 종래의 핫 스탬프 강재보다도 높은 충격 흡수성을 갖고, 또한 인산염 처리성이 우수한, 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 요지는 이하와 같다.

[0013] (1) 본 발명의 일 형태에 관한 핫 스탬프 강재는, A_{c3} 점 이상의 온도로 가열하고 30분 간 유지한 후에 워터 퀴칭을 실시한 경우의 표층으로부터 판 두께의 1/4의 깊이의 위치에 있어서의 비커스 경도를 최고 퀴칭 경도라 정의한 경우, 상기 최고 퀴칭 경도의 85% 이하의 경도를 갖는 템퍼링부를 포함하는 강재인 모재와, 상기 모재의 상기 템퍼링부 상에 형성되는 아연 도금층을 구비하고, 상기 아연 도금층은, Fe 및 상기 Fe에 고용된 Zn을 함유하는 고용체상으로 이루어지는 고용체층과, 상기 고용체상과 캐피탈 감마상으로 이루어지는 라멜라층을 포함하며, 상기 아연 도금층에 있어서, 상기 라멜라층의 면적률이 30% 내지 100%이고, 상기 고용체층의 면적률이 0 내지 70%이다.

[0014] (2) 상기 (1)에 기재된 핫 스탬프 강재는, 상기 아연 도금층 중의 상기 라멜라층의 면적률이 80% 이상이어도 된다.

[0015] (3) 상기 (1) 또는 (2)에 기재된 핫 스탬프 강재는, 상기 템퍼링부의 비커스 경도가 180 내지 450Hv여도 된다.

[0016] (4) 상기 (1) 내지 (3) 중 어느 한 항에 기재된 핫 스탬프 강재는, 상기 템퍼링부의 경도가 상기 최고 퀴칭 경도의 65% 이하이어도 된다.

[0017] (5) 상기 (1) 내지 (4) 중 어느 한 항에 기재된 핫 스탬프 강재는, A_{c3} 점 이상으로 가열된 후, 금형을 사용한 프레스 가공에 의하여 가공과 퀴칭이 동시에 실시되고, 그 후, 500℃ 내지 700℃ 미만에서 템퍼링됨으로써 제조된다.

[0018] (6) 상기 (1) 내지 (4) 중 어느 한 항에 기재된 핫 스탬프 강재는, 상기 모재 중 일부가 상기 템퍼링부여도 된다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 상기 형태에 의하면, 동일한 화학 조성을 갖는 종래의 핫 스탬프 강재보다도 낮은 강도를 갖고, 또한

인산염 처리성이 우수한, 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020]

도 1은 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재를 400℃에서 템퍼링한 경우의 아연 도금층 및 그 주변의 단면 사진 화상이다.

도 2는 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재를 500℃에서 템퍼링한 경우의 아연 도금층 및 그 주변의 단면 사진 화상이다.

도 3은 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재를 700℃에서 템퍼링한 경우의 아연 도금층 및 그 주변의 단면 사진 화상이다.

도 4는 도 1에 도시하는 아연 도금층의 XRD 측정 결과를 나타내는 도면이다.

도 5는 도 2에 도시하는 아연 도금층의 XRD 측정 결과를 나타내는 도면이다.

도 6은 도 3에 도시하는 아연 도금층의 XRD 측정 결과를 나타내는 도면이다.

도 7은 Fe-Zn 2원계 상태도이다.

도 8은 실시예에 있어서의, 500℃에서 템퍼링된 핫 스탬프 강재를 인산염 처리한 경우의 강재 표면의 SEM 화상이다.

도 9는 도 8의 SEM 화상을 2치화한 화상이다.

도 10은 실시예에 있어서의, 400℃에서 템퍼링된 핫 스탬프 강재를 인산염 처리한 경우의 강재 표면의 SEM 화상이다.

도 11은 도 10의 SEM 화상을 2치화한 화상이다.

도 12는 실시예에 있어서의, 700℃에서 템퍼링된 핫 스탬프 강재를 인산염 처리한 경우의 강재 표면의 SEM 화상이다.

도 13은 도 12의 SEM 화상을 2치화한 화상이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021]

본 발명자들은, 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재의 충격 흡수성 및 인산염 처리성을 향상시키는 방법에 대하여 검토하였다. 그 결과, 본 발명자들은 다음의 지견을 얻었다.

[0022]

상술한 바와 같이, 핫 스탬프 강재의 강도(인장 강도)가 낮은 편이 충격 흡수성이 높아진다. 핫 스탬프 강재에 대하여 템퍼링을 실시하면, 동일한 화학 조성을 갖는 종래의 핫 스탬프 강재와 비교하여 강도를 저하시킬 수 있다. 즉, 핫 스탬프 강재의 충격 흡수성을 높일 수 있다.

[0023]

그러나 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재에 대하여 템퍼링을 실시하면, 아연 도금층의 구조가 변화된다. 아연 도금층의 구조의 변화는 인산염 처리성에 영향을 미친다.

[0024]

본 발명자들은, 템퍼링 온도가 아연 도금층에 미치는 영향 및 아연 도금층의 구성이 인산염 처리성에 미치는 영향에 대하여, 이하의 요령으로 검토를 행하였다.

[0025]

먼저, 후술한 바람직한 화학 조성을 만족시키는 판 두께 1.6mm의 강판을 복수 준비하였다. 이어서, 이들 강판 상에 용융 아연 도금법에 의하여 부착량 60g/m²로 아연 도금층을 형성하였다. 다음으로, 아연 도금층이 형성된 강판에 대하여 핫 스탬프를 실시하였다. 구체적으로는 강판을, 강판의 A_{C3}점 이상의 온도인 900℃로 노 온도를 설정한 가열로에 장입하고 4분 간 가열하였다. 이때, 노에 장입하고 나서 2분 정도에 강판 온도가 900℃로 되었다. 그 후, 수랭 재킷을 구비한 평판 금형 사이에 강판을 끼워 넣고 핫 스탬프(가공 및 켄칭)을 행하여 핫 스탬프 강재(강판)를 제조하였다. 핫 스탬프 시의 냉각 속도는, 느린 부분에서도 마르텐사이트 변태 개시점까지 50℃/초 이상이었다.

[0026]

마르텐사이트 변태 개시(Ms)점은, 오스테나이트화 온도까지 가열한 재료를 급냉한 때의 열팽창을 측정하여 오스테나이트에서 마르텐사이트로의 체적 팽창을 측정함으로써 결정하는 것이 가능하다.

- [0027] 제조된 각 핫 스탬프 강재에 대하여 템퍼링을 실시하였다. 템퍼링 온도는, 150℃ 내지 모재의 A_{c1} 점의 범위 내에서 각 핫 스탬프 강재가 상이한 온도로 하였다. 템퍼링에 있어서의 각 핫 스탬프 강재의 가열 시간은 어느 것도 5분으로 하였다.
- [0028] A_{c1} 점 및 A_{c3} 점은 각각 강재를 가열한 때의 오스테나이트 변태 개시 온도 및 오스테나이트 변태 종료 온도를 나타낸다. A_{c1} 점 및 A_{c3} 점은, 포마스터 시험 등에 의하여 강재를 가열한 때의 열팽창을 측정함으로써 결정할 수 있다. 구체적으로는 페라이트에서 오스테나이트로 변태한 때의 체적 수축을 관찰함으로써 결정할 수 있다. 또한 마르텐사이트 변태 개시점은, 오스테나이트화 온도까지 가열한 강재를 급냉한 때의 열팽창을 측정함으로써 결정할 수 있다. 구체적으로는 오스테나이트에서 마르텐사이트로의 체적 팽창을 측정함으로써 결정할 수 있다.
- [0029] 각 템퍼링 온도에서 템퍼링을 행한 핫 스탬프 강재에 대하여 마이크로 조직 관찰 및 XRD 측정을 행하였다. 또한 이들의 결과에 기초하여 아연 도금층의 조직을 특정하였다.
- [0030] 도 1은, 템퍼링 온도가 400℃인 경우의 핫 스탬프 강재의 아연 도금층 및 그 주변의 단면부의 사진 화상이다. 도 4는, 그 단면부의 표면으로부터의 XRD 측정 결과이다.
- [0031] 도 2는, 템퍼링 온도가 500℃인 경우의 핫 스탬프 강재의 아연 도금층 및 그 주변의 단면부의 사진 화상이다. 도 5는, 그 단면부의 표면으로부터의 XRD 측정 결과이다.
- [0032] 도 3은, 템퍼링 온도가 700℃인 경우의 핫 스탬프 강재의 아연 도금층 및 그 주변의 단면부의 사진 화상이다. 도 6은, 그 단면부의 표면으로부터의 XRD 측정 결과이다.
- [0033] 단면부의 마이크로 조직 관찰은 이하의 요령으로 실시하였다. 즉, 단면부를 5% 나이탈로 20 내지 40초 에칭하고, 에칭 후, 2000배의 SEM으로 마이크로 조직을 관찰하였다.
- [0034] 또한 XRD 측정은 Co 관구(管球)를 사용하여 행하였다. XRD에 있어서, α -Fe의 강도 피크는 회절각 $2\theta=99.7^\circ$ 로 나타나며, Zn 고용량이 많아질수록 저각도측으로 시프트한다. Fe_3Zn_{10} 의 금속 간 화합물인 캐피탈 감마(Γ)의 강도 피크는 회절각 $2\theta=94.0^\circ$ 로 나타난다. 도 4 내지 도 6 중의 파선 L4는 α -Fe상의 강도 피크 위치를 나타낸다. 파선 L3은 고용 Zn량이 적은 고용체상(Zn 함유량이 5 내지 25질량%, 이하, 저Zn 고용체상이라 하는 경우가 있음)의 강도 피크 위치를 나타낸다. 파선 L2는 고용 Zn량이 많은 고용체상(Zn 함유량이 25 내지 40질량%, 이하, 고Zn 고용체상이라 하는 경우가 있음)의 강도 피크 위치를 나타낸다. 파선 L1은 Γ 상의 강도 피크 위치를 나타낸다. 강도 피크 위치가 파선 L4에서 L2로 시프트함에 따라 고용체상 중의 Zn 고용량이 많아진다.
- [0035] 템퍼링 온도가 150℃ 내지 500℃ 미만인 경우, 도 1 및 도 4에 나타난 바와 같이, 아연 도금층은 고용체층(10)을 형성하고, 이 고용체층(10)은, 강도 피크 위치가 L2인 고Zn 고용체상이었다. 도 1 중의 도면 부호 (20)은 모재 중 템퍼링부이고, 도면 부호 (30)은 아연 도금층 상에 형성된 아연 산화물층이다. 아연 산화물은 금속 상태가 아니므로 도금층의 일부에는 포함되지 않는다.
- [0036] 한편, 템퍼링 온도가 500℃ 내지 700℃ 미만인 경우, 도 2에 도시한 바와 같이, 아연 도금층에는, 고용체층(10)과, 복수의 층으로 이루어지는 라멜라 조직의 층(40)이 관찰되었다. XRD 측정을 행한 결과, 도 5에 나타난 바와 같이, 저Zn 고용체상의 강도 피크(파선 L3의 위치)와 Γ 상의 강도 피크(파선 L1의 위치)가 나타났다. 즉, 이 라멜라 조직의 층은, 주로 Γ 상과 저Zn 고용체상으로 이루어지는 라멜라 조직의 층(이하, 라멜라층이라 함)이었다.
- [0037] 템퍼링 온도가 500℃ 내지 700℃ 미만인 경우, 어느 것도, 아연 도금층은, 면적률로 30% 이상의 라멜라층(40)과, 면적률로 0 내지 70%의 고용체층(고Zn 고용체상으로 이루어짐)(10)을 함유하고 있었다. 또한 라멜라층(40)은 고용체층(10) 상에 형성되어 있었다. 즉, 라멜라층은 고용체층보다도 아연 도금층의 표층측에 형성되어 있었다. 또한 템퍼링 온도가 600℃인 경우에는, 아연 도금층 전체가 실질적으로 라멜라층이었다.
- [0038] 또한 템퍼링 온도가 700℃인 경우, 도 3에 도시한 바와 같이, 아연 도금층은, 표층에 약간의 라멜라층(40)과, 라멜라층(40) 하(강재측)에 고용체층(10)을 구비하고 있었다. 아연 도금층에서 차지하는 라멜라층(40)의 면적률은 20% 이하였다. 또한 XRD 측정의 결과, 도 6에 나타난 바와 같이, 템퍼링 온도가 500℃ 내지 700℃ 미만인 경우에는 검출되지 않은 고용체상의 강도 피크(파선 L2 위치)가 나타났다. 한편, 템퍼링 온도가 500℃ 내지 700℃ 미만인 경우와 비교하여 Γ 상의 강도 피크(파선 L1 위치)가 작아졌다.
- [0039] 이상과 같이, 템퍼링의 조건에 기초하여 아연 도금층의 조직은 변화되었다. 따라서 각 템퍼링 온도에서 템퍼링을 실시한 핫 스탬프 강재의 인산염 처리성을 조사하였다. 그 결과, 본 발명자들은, 아연 도금층이 면적률로

30% 이상의 라멜라층을 포함하는 경우, 우수한 인산염 처리성이 얻어지는 것을 알아내었다.

- [0040] 본 발명의 일 실시 형태에 관한 핫 스탬프 강재(이하, 본 실시 형태에 관한 핫 스탬프 강재라고 하는 경우가 있음)는, A_{c3} 점 이상의 온도로 가열하고 30분 유지한 후에 워터 켄칭을 실시한 경우의 표층으로부터 판 두께의 1/4의 깊이의 위치에 있어서의 비커스 경도를 최고 켄칭 경도라 정의한 경우, 상기 최고 켄칭 경도의 85% 이하의 경도를 갖는 템퍼링부를 포함하는 강재인 모재와, 상기 강판의 상기 템퍼링부 상에 형성되는 아연 도금층을 구비한다. 아연 도금층은, Fe 및 상기 Fe에 고용된 Zn을 함유하는 고용체상으로 이루어지는 고용체층과, 상기 고용체층과 캐피탈 감마상으로 이루어지는 라멜라층을 포함한다. 또한 아연 도금층에 있어서, 상기 라멜라층의 면적률이 30% 내지 100%이고, 상기 고용체층의 면적률이 0 내지 70%이다.
- [0041] 이하, 본 실시 형태에 관한 핫 스탬프 강재에 대하여 상세히 설명한다.
- [0042] [모재]
- [0043] 모재는 강재이며, 예를 들어 강판을 핫 스탬프함으로써 형성된다. 또한 모재는 템퍼링부를 포함한다. 템퍼링부란, 그 경도(비커스 경도)가 강재의 최고 켄칭 경도의 85% 이하인 부분을 가리킨다. 최고 켄칭 경도란, 강재를 A_{c3} 점 이상으로 가열하고 30분 간 유지한 후, 워터 켄칭을 실시한 경우의 강재 표층으로부터 판 두께의 1/4의 깊이의 위치에 있어서의 비커스 경도를 의미한다. 이 최고 켄칭 경도는, 동일한 화학 성분을 갖는 다른 강재(템퍼링부를 갖는 핫 스탬프 강재와는 다른 강재)를 사용하여 측정할 수 있다.
- [0044] 본 실시 형태에 관한 핫 스탬프 강재는, 모재가 최고 켄칭 경도의 85% 이하의 경도를 갖는 템퍼링부를 포함함으로써, 동일한 화학 조성을 갖고 또한 템퍼링을 실시하지 않는 핫 스탬프 강재와 비교하여, 강도가 낮아 충격 흡수성이 우수하다. 바람직하게는, 템퍼링부의 경도는 최고 켄칭 경도의 65% 이하이다. 이 경우, 충격 흡수성이 더 우수하다.
- [0045] 마르텐사이트는 경도가 높고 또한 템퍼링에 의하여 경도가 저하되는 조직이므로, 모재를 워터 켄칭한 경우에 마르텐사이트 변태하는 화학 조성을 가짐으로써, 최고 켄칭 경도의 85% 이하의 경도를 갖는 템퍼링부를 용이하게 구비할 수 있다. 그 때문에, 모재는, A_{c3} 점 이상의 온도에서 워터 켄칭한 경우에 마르텐사이트 변태하는 화학 조성을 갖는 것이 바람직하다. 또한 템퍼링부는, 체적%로 95% 이상의 템퍼링 마르텐사이트와 5체적% 미만의 잔류 오스테나이트를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0046] 모재의 화학 조성은 한정할 필요는 없지만, 예를 들어 이하의 화학 조성을 갖는 것이 바람직하다. 모재가 이러한 화학 조성을 갖는 경우, 자동차용의 부재에 사용하는 데 적합한 기계 특성을 얻는 데 유리하다. 또한 최고 켄칭 경도의 85% 이하의 경도를 갖는 템퍼링부를 구비하는 데 유리하다. 이하, 원소에 관한 「%」는 질량%를 의미한다.
- [0047] C: 0.05 내지 0.4%
- [0048] 탄소(C)는 핫 스탬프 후의 강재(핫 스탬프 강재)의 강도를 높이는 원소이다. C 함유량이 지나치게 낮으면 상기 효과가 얻어지지 않는다. 그 때문에, 이 효과를 얻는 경우, C 함유량의 하한을 0.05%로 하는 것이 바람직하다. C 함유량의 더 바람직한 하한은 0.10%이다. 한편, C 함유량이 지나치게 높으면 강판의 인성이 저하된다. 따라서 C 함유량의 상한을 0.4%로 하는 것이 바람직하다. C 함유량의 더 바람직한 상한은 0.35%이다.
- [0049] Si: 0.5% 이하
- [0050] 실리콘(Si)은 강 중에 불가피하게 함유되는 원소이다. 또한 Si는 강을 탈산하는 효과를 갖는다. 그 때문에, 탈산을 목적으로 하여 Si 함유량을 0.05% 이상으로 해도 된다. 그러나 Si 함유량이 높으면 강판의 A_{c3} 점을 상승시키는 작용을 갖는다. 강판의 A_{c3} 점이 상승하면, 핫 스탬프 시의 가열 온도가 Zn 도금의 증발 온도를 초과해 버릴 것이 우려된다. 또한 핫 스탬프에 있어서의 가열 중에 강 중의 Si가 확산되어 강판 표면에 산화물이 형성된다. 이 산화물은 인산염 처리성을 저하시키는 경우가 있다. Si 함유량이 0.5% 초과인 경우에 상기 문제가 현저해지므로, Si 함유량의 상한을 0.5%로 하는 것이 바람직하다. 더 바람직한 Si 함유량의 상한은 0.3%이다.
- [0051] Mn: 0.5 내지 2.5%
- [0052] 망간(Mn)은 켄칭성을 높여 핫 스탬프 강재의 강도를 높이는 원소이다. 이 효과를 얻는 경우, Mn 함유량의 하한을 0.5%로 하는 것이 바람직하다. Mn 함유량의 바람직한 하한은 0.6%이다. 한편, Mn 함유량이 2.5%를 초과하더라도 그 효과가 포화된다. 따라서 Mn 함유량의 상한은 2.5%로 하는 것이 바람직하다. Mn 함유량의 더 바람

직한 상한은 2.4%이다.

- [0053] P: 0.03% 이하
- [0054] 인(P)은 강 중에 포함되는 불순물이다. P는 입계에 편석하여 강의 인성 및 내지연 파괴성을 저하시킨다. 그 때문에, P 함유량은 가능한 한 낮은 편이 바람직한데, P 함유량이 0.03% 초과로 된 경우에 그 영향이 현저해지므로, P 함유량을 0.03% 이하로 해도 된다.
- [0055] S: 0.010% 이하
- [0056] 황(S)은 강 중에 포함되는 불순물이다. S는 황화물을 형성하여 강의 인성 및 내지연 파괴성을 저하시킨다. 그 때문에, S 함유량은 가능한 한 낮은 편이 바람직한데, S 함유량이 0.010% 초과로 된 경우에 그 영향이 현저해지므로, S 함유량을 0.010% 이하로 해도 된다.
- [0057] sol. Al: 0.10% 이하
- [0058] 알루미늄(Al)은 강의 탈산에 유효한 원소이다. 이 효과를 얻기 위하여 Al 함유량의 하한을 0.01%로 해도 된다. 그러나 Al 함유량이 지나치게 높으면 강판의 A_{C3} 점이 상승하여, 핫 스탬프 시의 필요한 가열 온도가 Zn 도금의 증발 온도를 초과하는 경우가 있다. 따라서 Al 함유량의 상한을 0.10%로 하는 것이 바람직하다. Al 함유량의 더 바람직한 상한은 0.05%이다. 본 실시 형태에 있어서의 Al 함유량은 sol. Al(산 가용 Al)의 함유량이다.
- [0059] N: 0.010% 이하
- [0060] 질소(N)는 강 중에 불가피하게 포함되는 불순물이다. N은 질화물을 형성하여 강의 인성을 저하시키는 원소이다. 또한 N은, B가 함유되는 경우, B와 결합하여 고용 B량을 저감시킨다. 고용 B량이 저감되면 켄칭성이 저하된다. 상기 이유에서 N 함유량은 가능한 한 낮은 편이 바람직한데, N 함유량이 0.010% 초과로 된 경우에 그 영향이 현저해지므로, N 함유량을 0.010% 이하로 해도 된다.
- [0061] 본 실시 형태에 관한 핫 스탬프 강재의 모재부는, 예를 들어 상술한 원소와 잔부가 Fe 및 불순물로 이루어지는 화학 조성을 갖고 있어도 된다. 그러나 본 실시 형태에 관한 핫 스탬프 강재의 모재부는, 강도 또는 인성을 향상시키는 것을 목적으로 하여 임의로 상기 화학 조성의 Fe의 일부 대신, B, Ti, Cr, Mo, Nb, Ni로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 후술하는 범위에서 더 함유해도 된다.
- [0062] 본 실시 형태에 있어서 불순물이란, 철강 재료를 공업적으로 제조할 때, 원료로서의 광석, 스크랩, 또는 제조 환경 등으로부터 혼입되는 것을 의미한다.
- [0063] B: 0.0001 내지 0.0050%
- [0064] 붕소(B)는 B는 강의 켄칭성을 높여 핫 스탬프 강재의 강도를 높인다. 이 효과를 얻는 경우, B 함유량의 바람직한 하한은 0.0001%이다. 그러나 B 함유량이 지나치게 높으면 그 효과가 포화된다. 따라서 함유시키는 경우에도 B 함유량의 상한을 0.0050%로 하는 것이 바람직하다.
- [0065] Ti: 0.01 내지 0.10%
- [0066] 티타늄(Ti)은 N과 결합하여 질화물(TiN)을 형성한다. 그 결과, B와 N의 결합이 억제되어, BN 형성에 수반하는 켄칭성의 저하를 억제할 수 있다. 또한 Ti는 그 핀 고정 효과에 의하여, 핫 스탬프 가열 시의 오스테나이트 입경을 미세화하여 강재의 인성 등을 높인다. 이들 효과를 얻는 경우, Ti 함유량의 바람직한 하한은 0.01%이다. 그러나 Ti 함유량이 지나치게 높으면, 상기 효과가 포화됨과 함께, Ti 질화물이 파인으로 석출되어 강의 인성이 저하된다. 따라서 함유시키는 경우에도 Ti 함유량의 상한을 0.10%로 하는 것이 바람직하다.
- [0067] Cr: 0.1 내지 0.5%
- [0068] 크롬(Cr)은 강의 켄칭성을 높인다. 이 효과를 얻는 경우, Cr 함유량의 바람직한 하한은 0.1%이다. 그러나 Cr 함유량이 지나치게 높으면, Cr 탄화물이 형성되어 핫 스탬프의 가열 시에 탄화물이 용해되기 어려워진다. 그 결과, 강의 오스테나이트화가 진행되기 어려워져 켄칭성이 저하된다. 따라서 함유시키는 경우에도 Cr 함유량의 상한을 0.5%로 하는 것이 바람직하다.
- [0069] Mo: 0.05 내지 0.50%
- [0070] 몰리브덴(Mo)은 강의 켄칭성을 높인다. 이 효과를 얻는 경우, Mo 함유량의 바람직한 하한은 0.05%이다. 그러나 Mo 함유량이 지나치게 높으면 상기 효과가 포화된다. 따라서 함유시키는 경우에도 Mo 함유량의 상한은

0.50%로 하는 것이 바람직하다.

- [0071] Nb: 0.02 내지 0.10%
- [0072] 니오븀(Nb)은 탄화물을 형성하여 핫 스탬프 시에 결정립을 미세화한다. 결정립이 미세화되면 강의 인성이 높아진다. 이 효과를 얻는 경우, Nb 함유량의 바람직한 하한은 0.02%이다. 그러나 Nb 함유량이 지나치게 높으면, 상기 효과가 포화됨과 함께, 켈칭성이 저하된다. 따라서 함유시키는 경우에도 Nb 함유량의 상한은 0.10%로 하는 것이 바람직하다.
- [0073] Ni: 0.1 내지 1.0%
- [0074] 니켈(Ni)은 강의 인성을 높인다. 또한 Ni는, 아연 도금 강재의 핫 스탬프에서의 가열 시에 용융 Zn에 기인한 취화를 억제한다. 이들 효과를 얻는 경우, Ni 함유량의 바람직한 하한은 0.1%이다. 그러나 Ni 함유량이 지나치게 높으면, 상기 효과가 포화됨과 함께, 비용의 상승을 초래한다. 따라서 함유시키는 경우에도 Ni 함유량의 상한은 1.0%로 하는 것이 바람직하다.
- [0075] 모재는 그 일부가 템퍼링부여도 되고, 모재 전체가 템퍼링부여도 된다.
- [0076] 최근 들어, 테일러드 프로퍼티라 칭해지는, 위치에 따라 강도나 연성 등의 성능에 대한 요구가 상이한 부재가 요구되고 있다. 예를 들어 자동차 부재에서는, B 필러(센터 필러)라 칭해지는 골격 부재에 있어서, 승차 에리어를 구성하는 상부에서는 고강도일 것이 요구되고, 하부에서는 충격 흡수성이 높을 것이 요구되고 있다.
- [0077] 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재의 모재의 일부를 템퍼링부로 하면, 상술한 바와 같이 강도가 높은 부분과, 충격 흡수성을 겸비한 부재를 얻을 수 있다. 또한 핫 스탬프 강재가 아연 도금층을 가지므로 내식성도 우수하다.
- [0078] 모재의 템퍼링부의 인장 강도는, 예를 들어 600 내지 1450MPa이고, 비커스 경도는 180 내지 450Hv이다. 이 경우, 핫 스탬프 강재의 템퍼링부의 강도는, 템퍼링을 실시하지 않는 종래의 핫 스탬프 강재와 비교하여 낮다. 그로 인하여, 종래의 핫 스탬프 강재에 비하여 충격 흡수성이 우수하다.
- [0079] 템퍼링 마르텐사이트의 비커스 경도는 마르텐사이트의 비커스 경도보다도 낮다. 따라서 비커스 경도에 의하여, 템퍼링부의 조직이 템퍼링 마르텐사이트인지의 여부를 판별할 수 있다.
- [0080] 비커스 경도는, JIS Z2244(2009)에 준거한 비커스 경도 시험에 의하여 구할 수 있다. 비커스 경도 시험의 시험력은 10kgf=98.07N으로 한다.
- [0081] [아연 도금층]
- [0082] 본 실시 형태에 관한 핫 스탬프 강재는, 적어도 모재의 템퍼링부 상에 아연 도금층을 갖는다. 아연 도금층은, 아연 도금층 중의 면적률로 30% 이상의 라멜라층과, 0 내지 70%의 고용체층을 포함한다.
- [0083] 고용체층은 고용체상으로 이루어진다. 고용체상은, Fe와, Fe에 고용된 Zn을 함유한다. 바람직하게는, 고용체층 중의 Zn 함유량은 25 내지 40질량%이다. 더욱 바람직하게는, 고용체층 중의 Zn 함유량은 30 내지 40질량%이다.
- [0084] 아연 도금층은 고용체층을 갖지 않아도 된다. 즉, 아연 도금층이 라멜라층만으로 이루어져, 고용체층의 면적률은 0%이어도 된다.
- [0085] 라멜라층은 고용체상과 캐피탈 감마(Γ)상의 라멜라 조직을 갖는다. 라멜라 조직이란, 도 2에 도시한 바와 같이, 상이한 상(본 실시 형태에 있어서는 고용체상 및 Γ 상)이 교호로 반복되어 인접한 조직이다. Γ 상은 금속간 화합물($\text{Fe}_3\text{Zn}_{10}$)이다. 라멜라층의 고용체상 중의 Zn 함유량은 5 내지 25질량%이며, 고용체층 중의 Zn 함유량보다도 낮다. 라멜라층은 아연 도금층의 표층에 형성된다. 즉, 고용체층이 존재하는 경우, 라멜라층은 고용체층 상에 형성된다.
- [0086] 라멜라층은 고용체층보다도 인산염 처리성이 우수하다. 그 이유로서 다음의 사항이 생각된다. 라멜라층은, 상술한 바와 같이, 고용체상(저Zn 고용체상)과 Γ 상의 라멜라 조직을 갖는다. 라멜라 조직 내에서는, 고용체상 및 Γ 상은 모재의 표면에 대하여 대략 수직의 방향으로 연장된다. 또한 상술한 바와 같이, 라멜라층은 아연 도금층의 표층에 형성된다. 따라서 아연 도금층을 단면으로부터 관찰한 경우, 표층에 고용체상과 Γ 상의 양쪽이 관찰되게 된다. 이러한 라멜라 조직을 갖는 아연 도금층에 대하여 인산염 처리가 실시되면, 인산에 의하여 아연 도금층의 표면, 즉, 라멜라층이 에칭된다. 이때, 아연 농도가 높은 부분이 우선적으로 에칭된다. 라멜라층

에 있어서의 Γ 상 중의 Zn 농도는 고용체상 중의 Zn 농도보다도 높으므로, 인산에 의하여 Γ 상이 고용체상보다도 우선적으로 에칭된다. 그 결과, 아연 도금층의 표면에는 미세한 요철이 형성되어, 인산염이 부착되기 쉬워진다.

[0087] 따라서 라멜라층을 표층에 갖는 아연 도금층의 인산염 처리성은, 표층에 고용체층만을 갖는 아연 도금층보다도 높아진다고 생각된다.

[0088] 아연 도금층 중의 라멜라층의 면적률이 30% 이상이면, 아연 도금층의 인산염 처리성이 높아진다. 그 때문에, 본 실시 형태에 관한 핫 스탬프 강재에 있어서, 아연 도금층 중의 라멜라층의 면적률을 30% 이상으로 할 필요가 있다. 바람직하게는, 라멜라층의 면적률은 80% 이상이다. 라멜라층의 면적률이 80% 이상이면, 인산염 처리성이 더 향상된다. 또한 화성 결정이 미세해져 도장 밀착성 등이 향상되는 것도 기대된다.

[0089] 고용체상(고Zn 고용체상, 저Zn 고용체상) 중의 Zn 함유량은 다음의 방법으로 측정할 수 있다. 즉, 고Zn 고용체상 중의 Zn 함유량의 경우, 고Zn 고용체상 중의 임의의 5개소에서 EPMA(전자선 마이크로애널리저)에 의하여 Zn 함유량(질량%)을 측정하여, 5개소의 Zn 함유량의 평균을 고Zn 고용체상 중의 Zn 함유량이라 정의하면 된다. 저Zn 고용체상에 있어서도, 고Zn 고용체상과 마찬가지로의 방법으로 Zn 함유량을 구할 수 있다.

[0090] [핫 스탬프 강재의 제조 방법]

[0091] 본 실시 형태에 관한 핫 스탬프 강재는, 상술한 모재 및 아연 도금층을 갖고 있으면 그 제조 방법에 한정되지는 않으며, 그 효과를 발휘할 수 있다. 그러나 예를 들어 이하에 나타내는, 모재인 강재를 준비하는 공정(모재 준비 공정)과, 모재에 아연 도금층을 형성하는 공정(아연 도금 처리 공정)과, 아연 도금층을 구비하는 모재에 대하여 핫 스탬프를 실시하는 공정(핫 스탬프 공정)과, 핫 스탬프 강재에 대하여 템퍼링을 실시하는 공정(템퍼링 공정)을 구비하는 제조 방법에 의하여 제조할 수 있다. 이하, 각 공정에서의 바람직한 예에 대하여 설명한다.

[0092] [모재 준비 공정]

[0093] 처음에 모재로서 사용할 강판을 준비한다. 예를 들어 상술한 바람직한 범위의 화학 조성을 갖는 용강을 제조한다. 제조된 용강을 사용하여 연속 주조 등의 주조법에 의하여 슬래브를 제조한다. 슬래브 대신, 제조된 용강을 사용하여 조괴법에 의하여 잉곳을 제조해도 된다. 제조된 슬래브 또는 잉곳을 열간 압연하여 강판(열연 강판)을 제조한다. 필요에 따라, 추가로 열연 강판에 대하여 산 세정 처리를 실시하고, 산 세정 처리 후의 열연 강판에 대하여 냉간 압연을 실시하여 강판(냉연 강판)으로 해도 된다. 열간 압연, 산 세정, 냉간 압연에 대해서는, 적용하는 부재에 요구되는 특성에 맞춰 공지된 방법으로 행하면 된다.

[0094] [아연 도금 처리 공정]

[0095] 상술한 강판(열연 강판 또는 냉연 강판)에 대하여 아연 도금 처리를 행하여, 강판의 표면에 아연 도금층을 형성한다. 아연 도금층의 형성 방법은 특별히 한정되지 않으며, 용융 아연 도금 처리여도 되고, 합금화 용융 아연 도금 처리여도 되며, 전기 아연 도금 처리여도 된다.

[0096] 용융 아연 도금 처리에 의한 아연 도금층의 형성은, 예를 들어 이하의 요령으로 행한다. 즉, 강판을 도금욕(용융 아연 도금욕)에 침지시켜 강판 표면에 도금을 부착시킨다. 도금이 부착된 강판을 도금욕으로부터 끌어올린다. 바람직하게는 강판 표면의 도금 부착량을 조정하여 20 내지 100g/m²로 한다. 도금 부착량은, 강판의 끌어올림 속도나 와이핑의 가스 유량을 조정함으로써 조정할 수 있다. 용융 아연 도금욕 중의 Al 농도는 특별히 한정되지 않는다.

[0097] 이상의 공정에 의하여, 아연 도금층(용융 아연 도금층)을 구비하는 핫 스탬프용 강판(GI)이 제조된다.

[0098] 합금화 용융 아연 도금 처리(이하, 합금화 처리라고도 함)에 의한 아연 도금층의 형성은, 예를 들어 이하의 요령으로 행한다. 즉, 상술한 용융 아연 도금층이 형성된 강판을 470 내지 600℃로 가열한다. 가열 후, 필요에 따라 균열을 행하고, 그 후, 냉각한다. 균열 시간은 30초 이내가 바람직하지만, 한정되지 않는다. 또한 상가 가열 온도까지 가열한 직후에 균열을 행하지 않고 냉각해도 된다. 도금층 중의 원하는 Fe 농도에 따라 가열 온도 및 균열 시간은 적절히 설정된다. 합금화 처리에 있어서의 가열 온도의 바람직한 하한은 540℃이다.

[0099] 이상의 합금화 처리에 의하여, 아연 도금층(합금화 용융 아연 도금층)을 구비하는 핫 스탬프용 강판(GA)이 제조된다.

[0100] 전기 아연 도금 처리에 의한 아연 도금층의 형성은, 예를 들어 이하의 요령으로 행한다. 즉, 전기 아연 도금욕으로서, 주지의 황산욕, 염산욕, 질케이트욕 및 시안욕 등 중 어느 하나를 준비한다. 상술한 강판을 산 세정하

고, 산 세정 후의 강판을 전기 아연 도금욕에 침지시킨다. 강판을 음극으로 하고, 전기 아연 도금욕 중에 전류를 흐르게 한다. 이것에 의하여, 강판 표면에 아연이 석출되어 아연 도금층(전기 아연 도금층)이 형성된다.

[0101] 이상의 공정에 의하여, 아연 도금층(전기 아연 도금층)을 구비하는 핫 스탬프용 강판(EG)이 제조된다.

[0102] 아연 도금층이 합금화 용융 아연 도금층인 경우 및 아연 도금층이 전기 아연 도금층인 경우, 바람직한 아연 도금층의 부착량은 용융 아연 도금층의 경우와 동일하다. 즉, 이들 아연 도금층의 바람직한 부착량은 20 내지 100g/m²이다.

[0103] 이들 아연 도금층은 Zn을 함유한다. 구체적으로는 용융 아연 도금층 및 전기 아연 도금층의 화학 조성은 Zn 및 불순물로 이루어진다. 합금화 용융 아연 도금층의 화학 조성은 5 내지 20%의 Fe를 함유하고, 잔부는 Zn 및 불순물로 이루어진다.

[0104] [핫 스탬프 공정]

[0105] 상술한 아연 도금층을 구비하는 핫 스탬프용 강판에 대하여 핫 스탬프를 실시한다. 핫 스탬프 공정에서의 켄칭 전의 가열에서는, 주로 복사열을 가열에 이용하는 가열을 행하는 것이 바람직하다.

[0106] 구체적으로는, 처음에 핫 스탬프용 강판을 가열로(가스로, 전기로, 적외선로 등)에 장입한다. 가열로 내에서 핫 스탬프용 강판을 A_{C3}점 내지 950℃로 가열하고, 이 온도에서 유지(균열)한다. 가열에 의하여 도금층 중의 Zn이 액화되고, 균열에 의하여 도금층 중의 용융 Zn과 Fe가 상호 확산되어, 고용체상(Fe-Zn 고용체상)으로 된다. 도금층 중의 용융 Zn이 Fe 중에 고용화되어 고상으로 된 후, 가열로부터 강판을 취출한다. 가열로부터 취출된 강판에 대하여 핫 스탬프(프레스 가공 및 켄칭)를 실시하여 핫 스탬프 강재로 한다. 바람직한 균열 시간은 0 내지 10분, 더 바람직한 균열 시간은 0 내지 6분, 더욱 바람직한 균열 시간은 0 내지 4분이다.

[0107] 핫 스탬프에서는, 내부에 냉각 매체(예를 들어 물)가 순환하고 있는 금형을 사용하여 강판을 프레스한다. 강판을 프레스할 때, 금형으로부터의 방열에 의하여 강판이 켄칭된다. 이상의 공정에 의하여 핫 스탬프 강재가 제조된다.

[0108] 상술한 설명에서는, 가열로를 사용하여 핫 스탬프용 강재를 가열하였다. 그러나 통전 가열에 의하여 핫 스탬프용 강재를 가열해도 된다. 이 경우에도, 통전 가열에 의하여 강판을 소정 시간 균열하여 아연 도금층 중의 용융 Zn을 고용체상으로 한다. 아연 도금층 중의 용융 Zn이 고용체상으로 된 후, 금형을 사용하여 강판을 프레스한다.

[0109] [템퍼링 공정]

[0110] 핫 스탬프 강재(핫 스탬프 후의 강재)에 대하여 템퍼링을 실시한다. 템퍼링 온도는 500℃ 내지 700℃ 미만이다.

[0111] 템퍼링 온도를 500℃ 내지 700℃ 미만으로 함으로써, 템퍼링 후의 아연 도금층은 면적률로 30% 이상의 라멜라층을 포함한다. 또한 켄칭 후의 모재의 마이크로 조직이 마르텐사이트였을 경우, 템퍼링 후의 모재의 마이크로 조직은 템퍼링 마르텐사이트로 되어, 최고 켄칭 경도의 85% 이하의 경도를 갖는 템퍼링부가 얻어진다.

[0112] 템퍼링 온도가 500℃ 내지 700℃ 미만인 범위에서 아연 도금층 중의 라멜라층의 면적률이 30% 이상으로 되는 것은, 다음의 이유에 의한다고 생각된다.

[0113] 도 7은 Fe-Zn의 2원계 상태도이다. 핫 스탬프에 의하여 제조된 핫 스탬프 강재의 아연 도금층은, α-Fe에 Zn이 25 내지 40질량% 정도 고용된 고용체상으로 이루어진다. 그러나 자유 에너지적으로는, 실온에서는 α-Fe에 5 내지 25질량%의 Zn이 고용된 저Zn 고용체상과, Γ상의 2상으로 이루어지는 조직(즉, 라멜라층)이 안정하다. 즉, 핫 스탬프 후의 아연 도금층의 고용체상은, Zn이 과포화된 고용체이다.

[0114] 아연 도금층 중의 Zn 농도가 도 7 중의 35질량%인 경우(도면 중의 지점 A1에 상당)를 가정한다. 고용체상으로부터 저Zn 고용체상 및 Γ상으로 2상 분리하기 위한 구동력은 경계선 A_x 상의 지점 B로부터 저온측에서 발생하며, 지점 B로부터 저온측으로 멀어질수록 강해진다. 한편, 아연 도금층 중의 확산 속도는 고온으로 될수록 높아진다. 따라서 2상 분리의 구동력과 확산 속도의 관계에서, 템퍼링 후에 라멜라층이 형성될지의 여부가 결정된다. 구체적으로는, 2상 분리의 구동력이 높고 확산 속도가 높을수록 라멜라층이 형성되기 쉬워진다.

[0115] 템퍼링 시의 아연 도금층 중의 온도(템퍼링 온도)가 저온 영역(150℃ 내지 500℃ 미만)인 경우(예를 들어 300℃의 지점 A1), 경계선 A_x(지점 B)로부터 충분히 멀다. 이 경우, 2상 분리의 구동력은 높다. 그러나 저온이기

때문에 Zn의 확산 속도가 지나치게 낮다. 그 때문에, 템퍼링을 실시하더라도 아연 도금층이 2상으로 분리되지 않아 라멜라층이 형성되지 않는다.

- [0116] 템퍼링 온도가 500℃ 내지 700℃ 미만인 경우, 온도 영역이 경계선 Ax(지점 B)에 가까워지지만, 어느 정도의 거리를 갖는다(예를 들어 도면 중의 지점 A2). 이 경우, 2상 분리에의 구동력이 어느 정도 발생한다. 또한 저온 영역에 비하여 온도 영역이 높아졌기 때문에 확산 속도가 높다. 그 결과, 아연 도금층은 2상으로 분리되어 라멜라층이 형성된다. 도 7의 A2에서는, Zn 함유량이 70질량% 정도인 Γ 상(도면 중C2)과, Zn 함유량이 10질량% 정도인 고용체상(도면 중C1)으로 분리되어 라멜라층이 형성된다.
- [0117] 한편, 템퍼링 온도가 더 상승하여 700℃ 이상으로 되면, 온도 영역이 경계선 Ax 근방, 또는 경계선 Ax를 초과한다. 이 경우, 온도 상승에 의하여 확산 속도는 높아지지만, 2상 분리에의 구동력이 극히 작거나, 또는 구동력이 발생하지 않는다. 그 결과, 2상으로의 분리가 일어나기 어려워, 아연 도금층 중의 라멜라층의 면적률은 30% 미만으로 된다.
- [0118] 이상의 메커니즘에 의하여, 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재에 템퍼링을 행하면, 템퍼링 온도에 따라 아연 도금층의 조직이 변화된다. 템퍼링 온도를 500℃ 내지 700℃ 미만으로 함으로써, 아연 도금층 중에 면적률로 30% 이상의 라멜라층을 형성할 수 있다. 또한 이 경우, 높은 인산염 처리성이 얻어진다.
- [0119] 템퍼링은 핫 스탬프 강재의 일부에 대해서만 실시할 수도 있다. 예를 들어 고주파를 사용한 유도 가열이나, 통전 가열에 의하여, 핫 스탬프 강재의 일부에 대하여 템퍼링을 실시할 수 있다.
- [0120] 핫 스탬프 강재의 일부에 대해서만 템퍼링을 행함으로써, 동일한 부재에 있어서, 템퍼링을 행한 부분과 템퍼링을 행하지 않은 부분에서 강도를 변화시킬 수 있다. 이러한 부재는, 예를 들어 자동차의 B 필러와 같이, 상부에서는 고강도일 것이 요구되고 하부에서는 충격 흡수성이 높을 것이 요구되는 부재에 적용할 수 있다. 또한 부분 템퍼링의 경우에도, 템퍼링부에 대해서는, 전체를 템퍼링한 경우의 템퍼링부와 동등하다.
- [0121] 이상의 공정을 포함하는 제조 방법에 의하면, 최고 켄칭 경도의 85% 이하의 경도를 갖는 템퍼링부를 포함하는 모재와, 아연 도금층을 구비하고, 상기 아연 도금층에 있어서, 상기 라멜라층의 면적률이 30% 이상인 핫 스탬프 강재를 제조할 수 있다.
- [0122] 본 실시 형태에 관한 핫 스탬프 강재의 제조 방법은 이하의 공정을 더 포함해도 된다.
- [0123] [방청 오일막 형성 공정]
- [0124] 상술한 제조 방법에서는, 아연 도금 처리 공정과 핫 스탬프 공정 사이에 방청 오일막 형성 공정을 더 포함해도 된다.
- [0125] 방청 오일막 형성 공정에서는, 핫 스탬프용 강재의 표면에 방청 오일을 도포하여 방청 오일막을 형성한다. 핫 스탬프용 강재는, 압연되고 난 후로부터 핫 스탬프 공정이 실시될 때까지의 기간이 긴 경우가 있을 수 있다. 그 경우, 핫 스탬프용 강재의 표면이 산화되는 경우가 있을 수 있다. 본 공정에 의하면, 핫 스탬프용 강재의 표면에 방청 오일막이 형성되므로 강판의 표면이 산화되기 어려워져, 스케일의 발생이 억제된다.
- [0126] [블랭킹 가공 공정]
- [0127] 또한 상술한 제조 방법은 방청 오일막 형성 공정과 핫 스탬프 공정 사이에 블랭킹 가공 공정을 더 포함해도 된다.
- [0128] 블랭킹 가공 공정에서는, 핫 스탬프용 강재에 대하여 전단 가공 및/또는 펀칭 가공 등을 실시하여 특정한 형상으로 성형(블랭킹 가공)한다. 블랭킹 가공 후의 강판 전단면은 산화되기 쉽지만, 강판 표면에 방청 오일막이 형성되어 있으면, 전단면에도 방청 오일이 어느 정도 확산된다. 그로 인하여 블랭킹 가공 후의 강판 산화가 억제된다.
- [0129] 실시예
- [0130] 다음으로, 실시예를 이용하여 본 발명을 설명한다.
- [0131] 먼저, 표 1에 나타내는 화학 조성 A 내지 G를 갖는 용강을 사용하여 연속 주조법에 의하여 슬래브를 제조하고, 슬래브를 열간 압연하여 열연 강판을 제조하였다. 열연 강판을 산 세정한 후, 냉간 압연을 실시하여, 판 두께 1.6mm의 냉연 강판을 제조하였다. 얻어진 냉연 강판을 핫 스탬프 강재의 제조에 이용하는 강판으로 하였다.

표 1

강종	판 두께 (mm)	화학 조성(단위는 질량%, 잔부는 Fe 및 불순물)													최고 켈칭 경도 B0 (HV)
		C	Si	Mn	P	S	solAl	N	B	Ti	Cr	Mo	Nb	Ni	
A	1.6	0.2	0.2	1.3	0.01	0.005	0.02	0.002	0.002	0.02	0.2	-	-	-	514
B	1.6	0.2	0.5	1.3	0.01	0.005	0.02	0.002	0.002	0.02	0.2	-	-	-	512
C	1.6	0.2	0.5	1.3	0.01	0.005	0.02	0.002	0.002	0.02	0.2	-	0.05	-	519
D	1.6	0.2	0.5	1.3	0.01	0.005	0.02	0.002	0.002	0.02	0.2	-	-	1.0	518
E	1.6	0.2	0.5	1.3	0.01	0.005	0.02	0.002	0.002	0.02	0.2	0.5	-	-	519
F	1.6	0.2	0.2	1.3	0.01	0.005	0.02	0.002	-	-	-	-	-	-	515
G	1.6	0.3	0.2	1.3	0.01	0.005	0.02	0.002	0.002	0.02	0.2	-	-	-	609

[0132]

[0133] 최고 켈칭 경도를 조사하기 위하여, 강종 A 내지 G의 각각의 화학 성분을 갖는 강판의 일부를 채취하여 A_{c3}점 이상의 온도로 가열하고 30분 간 유지한 후, 워터 켈칭을 실시하였다. 어느 강종의 강판도 워터 켈칭 후의 조직은 풀 마르텐사이트였다.

[0134] 워터 켈칭 후의 강판에 대하여 표층으로부터 판 두께의 1/4의 깊이의 위치에서 비커스 경도를 측정하여, 얻어진 비커스 경도를 최고 켈칭 경도 B0(HV)이라 정의하였다. 비커스 경도 시험은 JIS Z2244(2009)에 준거하여, 시험력은 10kgf=98.07N으로 하였다.

[0135] 강종 A 내지 G의 화학 성분을 갖는 냉연 강판을 사용하여, 표 2 중에 나타내는 부착량으로 되는 조건에서 아연 도금 처리를 행하고, 표 2 중에 나타내는 온도에서 템퍼링을 행하여, 시험 번호 1 내지 14의 핫 스탬프 강재를

제조하였다.

표 2

시험 번호	강종	도금 처리 후의 아연 도금층		템퍼링 온도 (°C)	핫 스텝 강재				면적률 TR (%)	경도	인산염 처리성	종합
		조성	부착량 (g/m ²)		고용재층 면적률(%)	라멜라층 면적률(%)	비키스 경도 B1(HV10)	B1/B0				
1	A	Zn-12%Fe	60	510	30	70	313	60.9	39.8	G	G	G
2	B	Zn-12%Fe	60	550	20	80	294	57.4	38.4	G	G	G
3	C	Zn-12%Fe	60	600	10	90	281	54.1	35.9	G	G	G
4	D	Zn-12%Fe	60	600	10	90	264	51.0	37.3	G	G	G
5	E	Zn-12%Fe	60	600	10	90	273	52.6	34.6	G	G	G
6	F	Zn	60	500	30	70	331	64.3	39.7	G	G	G
7	F	Zn-12%Fe	60	600	10	90	275	53.4	37.2	G	G	G
8	F	Zn-12%Fe	60	650	60	40	250	48.5	30.9	G	G	G
9	F	Zn-12%Fe	60	300	100	0	445	86.4	27.7	NG	NG	NG
10	F	Zn-12%Fe	60	400	100	0	414	80.4	25.9	G	NG	NG
11	F	Zn-12%Fe	60	460	80	20	347	67.4	25.9	G	NG	NG
12	F	Zn-12%Fe	60	700	80	20	234	45.4	27.6	G	NG	NG
13	F	Zn-12%Fe	60	720	90	10	214	41.6	26.9	G	NG	NG
14	F	Zn-12%Fe	60	-	100	0	484	94.0	24.8	NG	NG	NG
15	G	Zn-12%Fe	60	600	10	90	334	54.8	35.7	G	G	G
16	F	Zn-12%Fe	60	600	40	60	284	55.1	33.7	G	G	G

[0136]

[0137] 시험 번호 6에서는, 용융 아연 도금 처리에 의하여 강판에 용융 아연 도금층(GI)을 형성하였다. 시험 번호 6 이외의 시험 번호에서는, 용융 아연 도금층을 갖는 강판에 대하여 합금화 처리를 더 실시하여 합금화 용융 아연 도금층(GA)을 형성하였다. 합금화 처리는, 최고 온도를 어느 것도 약 530℃에서 하고, 약 30초 간 가열한 후, 실온까지 냉각하였다.

[0138] 합금화 용융 아연 도금층 중의 Fe 함유량은 질량%로 12%였다. Fe 함유량은 다음의 측정 방법에 의하여 얻어졌다. 먼저, 합금화 용융 아연 도금층을 포함하는 강판의 샘플을 채취하였다. 샘플 중의 합금화 용융 아연 도금층 중의 임의의 5개소에 있어서 EPMA(전자선 마이크로애널리저)에 의하여 Fe 함유량(질량%)을 측정하였다.

측정된 값의 평균값을, 그 시험 번호의 합금화 용융 아연 도금층의 Fe 함유량(질량%)이라 정의하였다.

- [0139] 이들 도금층(용융 아연 도금층 또는 합금화 용융 아연 도금층)의 부착량은 다음의 방법에 의하여 측정하였다. 먼저, 각 강판으로부터 도금층을 포함하는 샘플을 채취하여, JIS H0401에 준거하여 샘플의 도금층을 염산으로 용해시켰다. 용해 전의 샘플 중량과, 용해 후의 샘플 중량과, 도금층이 형성되어 있었던 면적에 기초하여, 도금 부착량(g/m^2)을 구하였다. 측정 결과를 표 2의 「부착량」의 난에 나타낸다.
- [0140] 도금층을 형성한 후, 각 시험 번호의 강판에 대하여 가열에 의한 핫 스탬프를 실시하였다. 구체적으로는, 각 강판에 대하여, 강판의 A_{c3} 점 이상의 온도인 900°C 로 노 온도를 설정한 가열로에 장입하고, 복사열에 의하여 강 A 내지 G의 각각의 A_{c3} 점 이상의 온도인 900°C 에서 4분 간 가열하였다. 이때, 노에 장입하고 나서 2 내지 2.5분 정도에 강판 온도가 900°C 로 되고, 각 강판을 900°C 에서 1.5 내지 2분 간 더 균열하였다.
- [0141] 균열 후, 수랭 재킷을 구비한 평판 금형 사이에 강판을 끼워 넣음으로써 핫 스탬프 강재(강판)를 제조하였다. 이때, 핫 스탬프 시의 냉각 속도가 느린 부분에서도 마르텐사이트 변태 개시점까지의 냉각 속도가 $50^\circ\text{C}/\text{초}$ 이상으로 되도록 켄칭하였다.
- [0142] 또한 핫 스탬프 후의 시험 번호 1 내지 13, 15, 16의 강재에 대하여 템퍼링을 실시하였다. 시험 번호 1 내지 13, 15에서는, 각 강재를 열처리로에 장입하였다. 즉, 강재 전체에 대하여 템퍼링을 실시하였다. 시험 번호 16에서는, 직접 통전 가열로 부분적으로 전류를 흐르게 하여 부분적으로 템퍼링을 행하였다. 각 시험 번호의 템퍼링 온도는 표 2에 나타낸 바와 같이 하며, 가열 시간은, 노에 장입한 경우에는 어느 것도 5분으로 하고, 통전 가열의 경우에는 20초로 하였다. 시험 번호 14의 강재에 대해서는 템퍼링을 실시하지 않았다. 이상의 공정에 의하여 시험 번호 1 내지 16의 핫 스탬프 강재를 제조하였다.
- [0143] 이들 시험 번호 1 내지 16의 핫 스탬프 강재에 대하여 비커스 경도 시험, 아연 도금층의 마이크로 조직 관찰, 인산염 처리성 평가 시험을 행하였다. 부분적으로 템퍼링을 행한 시험 번호의 핫 스탬프 강재에 대해서는, 템퍼링부에 대하여 평가를 행하였다.
- [0144] [비커스 경도 시험]
- [0145] 각 시험 번호의 강재(강판)의 모재의 판 두께 중앙부로부터 샘플을 채취하였다. 샘플의 표면(강판의 압연 방향에 수직인 면(L 단면)에 상당)에 대하여, JIS Z2244(2009)에 준거한 비커스 경도 시험을 실시하였다. 시험력은 $10\text{kgf}=98.07\text{N}$ 으로 하였다. 얻어진 비커스 경도 B1(HV10) 및 최고 켄칭 경도 B0의 비인 $B1/B0 \times 100(\%)$ 을 표 2에 나타낸다.
- [0146] [아연 도금층의 마이크로 조직 관찰]
- [0147] 각 시험 번호의 강재로부터, 아연 도금층을 포함하는 샘플을 채취하였다. 샘플의 표면 중, 압연 방향에 수직인 단면을 5질량%의 나이탈로 에칭하였다. 2000배의 SEM에 의하여, 에칭된 아연 도금층의 단면을 관찰하여 고용체층 및 라멜라층의 유무를 판단하였다.
- [0148] 라멜라층이 관찰된 경우에는, 추가로 다음의 방법에 의하여 라멜라층의 면적률을 구하였다. 상기 단면 중 임의의 5시야($50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$)에 있어서, 아연 도금층 전체의 면적에 대한 고용체층의 면적률(%) 및 라멜라층의 면적률(%)을 구하였다. 이때, 표면에 부상하여 배치되는 Zn 산화물층(도 1중의 도면 부호 (30))은 금속 상태가 아니기 때문에, 도금층은 아니므로 아연 도금층의 면적에 포함시키지 않았다. 얻어진 고용체층 및 라멜라층의 면적률(%)을 표 2에 나타낸다.
- [0149] 마이크로 조직 관찰에서 관찰된 고용체층에 대하여 상술한 방법에 의하여 EPMA에 의한 측정을 실시하였다. 그 결과, 관찰된 고용체층 중의 Zn 함유량은 어느 것도 25 내지 40질량%였다.
- [0150] [인산염 처리성 평가 시험]
- [0151] 각 시험 번호의 핫 스탬프 강재에 대하여, 니혼 파커라이징 가부시키가이샤 제조의 표면 조정 처리제 프레팔렌 X(상품명)를 사용하여 표면 조정을 실온에서 20초 실시하였다. 또한 니혼 파커라이징 가부시키가이샤 제조의 인산 아연 처리액 팔본드 3020(상품명)를 사용하여 인산염 처리를 실시하였다. 처리액의 온도는 43°C 로 하여, 핫 스탬프 강재를 처리액에 120초 간 침지시켰다.
- [0152] 인산염 처리 후, 핫 스탬프 강재의 임의의 5시야($125\mu\text{m} \times 90\mu\text{m}$)를 1000배의 주사형 전자 현미경(SEM)으로 관찰하였다. 도 8은, 템퍼링 온도가 500°C 인 핫 스탬프 강재(시험 번호 6)에 대하여 상술한 인산염 처리를 실시한 후

의 핫 스탬프 강재 표면의 SEM 화상(1000배)이다.

[0153] SEM 화상에 대하여 2치화 처리를 실시하였다. 도 9는, 도 8의 SEM 화상을 2치화하여 얻어진 화상이다. 2치화된 화상에 있어서, 백색 부분에는 미세한 화성 결정이 형성되어 있다. 미세한 화성 결정이 많을수록 인산염 처리성이 높다. 그 때문에, 2치화된 화상을 이용하여 백색 부분의 면적률 TR을 구하였다. 면적률 TR이 30% 이상이면, 인산염 처리성이 우수하다고 판단하였다. 각 시험 번호에서 얻어진 면적률 TR을 표 2에 나타낸다. 표 중의 「G」는 GOOD이고, 「NG」는 NO GOOD이다.

[0154] [시험 결과]

[0155] 도 10은, 템퍼링 온도가 400℃인 핫 스탬프 강재(시험 번호 10)에 대하여 상술한 인산염 처리를 실시한 후의 핫 스탬프 강재 표면의 SEM 화상(1000배)이고, 도 11은 도 10을 2치화한 화상이다. 도 12는, 템퍼링 온도가 700℃인 핫 스탬프 강재(시험 번호 12)에 대하여 상술한 인산염 처리를 실시한 후의 핫 스탬프 강재 표면의 SEM 화상(1000배)이고, 도 13은 도 12를 2치화한 화상이다.

[0156] 표 2를 참조하여, 500 내지 650℃에서 템퍼링을 행한 시험 번호 1 내지 8의 핫 스탬프 강재의 모재 마이크로 조직은 템퍼링 마르텐사이트를 포함하며, 비커스 경도는 180 내지 450HV여서 최고 켄칭 경도의 85% 이하였다. 즉, 이들 시험 번호의 핫 스탬프 강재의 경도는 1450MPa 이하의 강도에 상당하는 정도였다. 또한 이들 시험 번호의 핫 스탬프 강재는, 아연 도금층 중의 라멜라층의 면적률이 30% 이상이며, 그 결과, 인산염 처리성 평가 시험에서의 면적률 TR은 30% 이상이었다. 즉, 시험 번호 1 내지 8의 핫 스탬프 강재는 우수한 충격 흡수성 및 인산염 처리성을 나타내었다.

[0157] 한편, 시험 번호 9 내지 13에서는, 템퍼링 온도가 500℃ 미만 또는 700℃ 이상이었다. 그 결과, 시험 번호 9 내지 13의 핫 스탬프 강재에서는, 아연 도금층 중의 라멜라층의 면적률이 30% 미만이었다. 그 때문에, 인산염 처리성 평가 시험에서의 면적률 TR이 30% 미만이어서 인산염 처리성이 떨어져 있었다. 또한 시험 번호 9에서는 템퍼링 온도가 낮았기 때문에, 템퍼링을 행하더라도 모재의 경도가 최고 켄칭 경도의 85% 이하로 되지 않았다.

[0158] 시험 번호 14는 템퍼링을 실시하지 않은 예이다. 그 때문에, 모재의 마이크로 조직은 마르텐사이트(프레시 마르텐사이트)였다. 그 때문에, 비커스 경도는 450HV를 초과하여 최고 켄칭 경도의 85%를 초과하고 있었다. 또한 아연 도금층 중의 라멜라층의 면적률이 30% 미만이어서 인산염 처리성이 낮았다.

[0159] 이상, 본 발명의 실시 형태를 설명하였다. 그러나 상술한 실시 형태는 본 발명을 실시하기 위한 예시에 불과하다. 따라서 본 발명은 상술한 실시 형태에 한정되지 않으며, 그 취지를 일탈하지 않는 범위 내에서 상술한 실시 형태를 적절히 변경하여 실시할 수 있다.

산업상 이용가능성

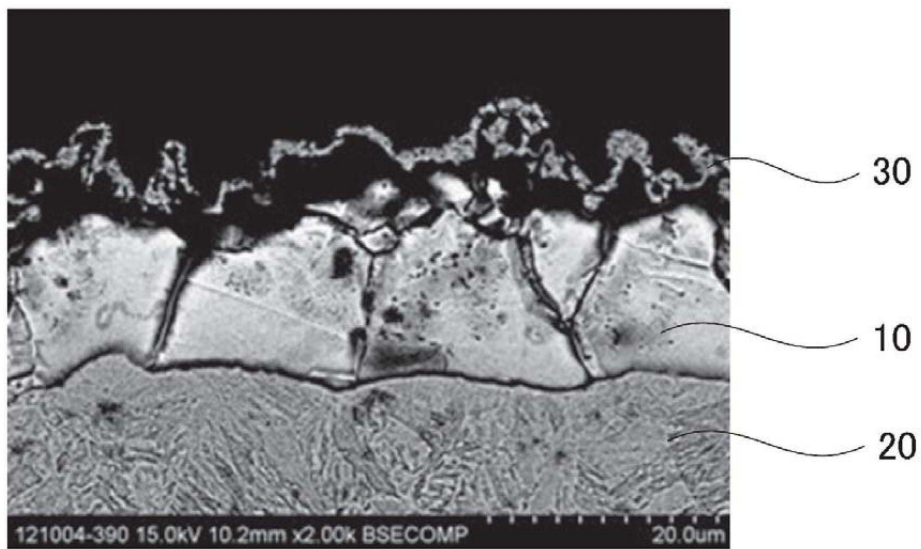
[0160] 본 발명에 의하면, 동일한 화학 조성을 갖는 종래의 핫 스탬프 강재보다도 낮은 강도를 갖고, 또한 인산염 처리성이 우수한, 아연 도금층을 갖는 핫 스탬프 강재를 제공할 수 있다.

부호의 설명

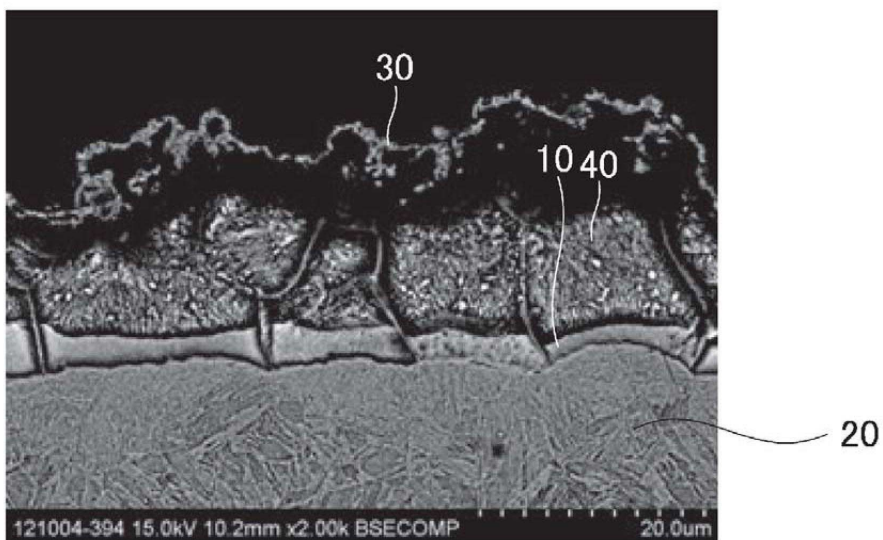
[0161] 10: 고용체층
20: 템퍼링부
30: 아연 산화물층
40: 라멜라층

도면

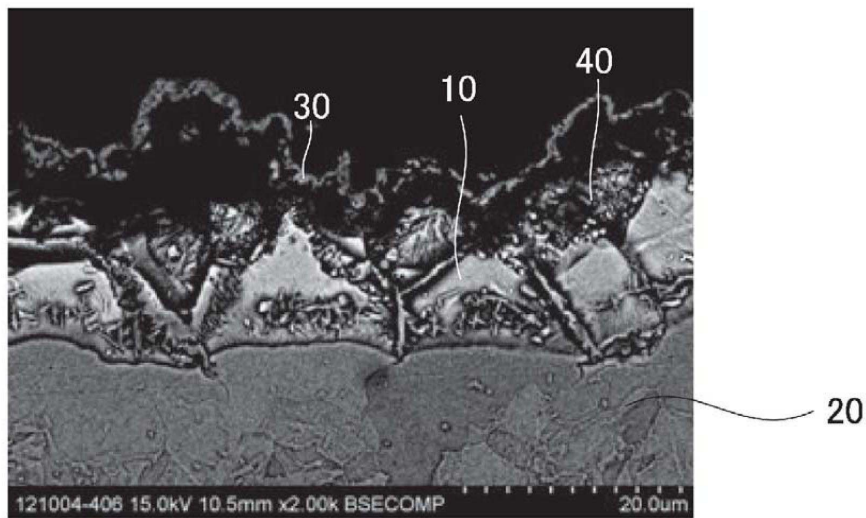
도면1



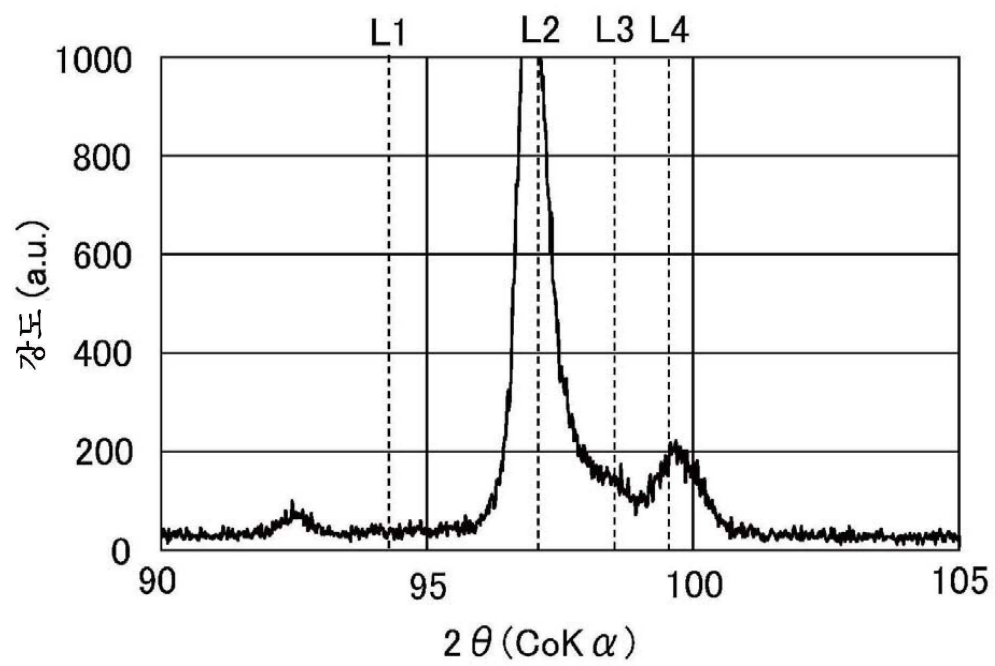
도면2



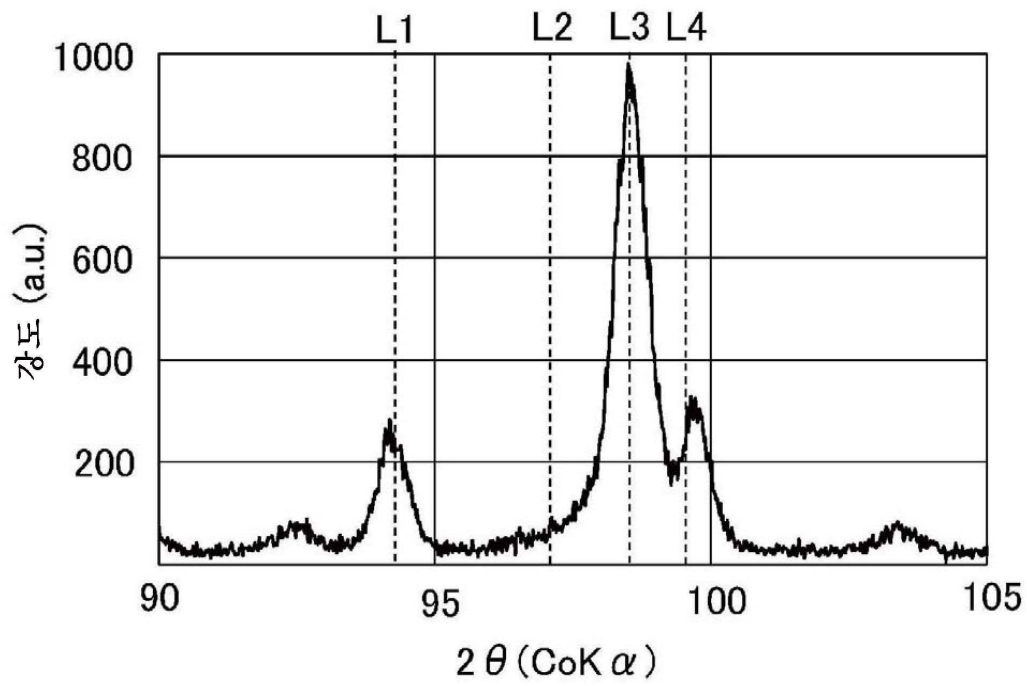
도면3



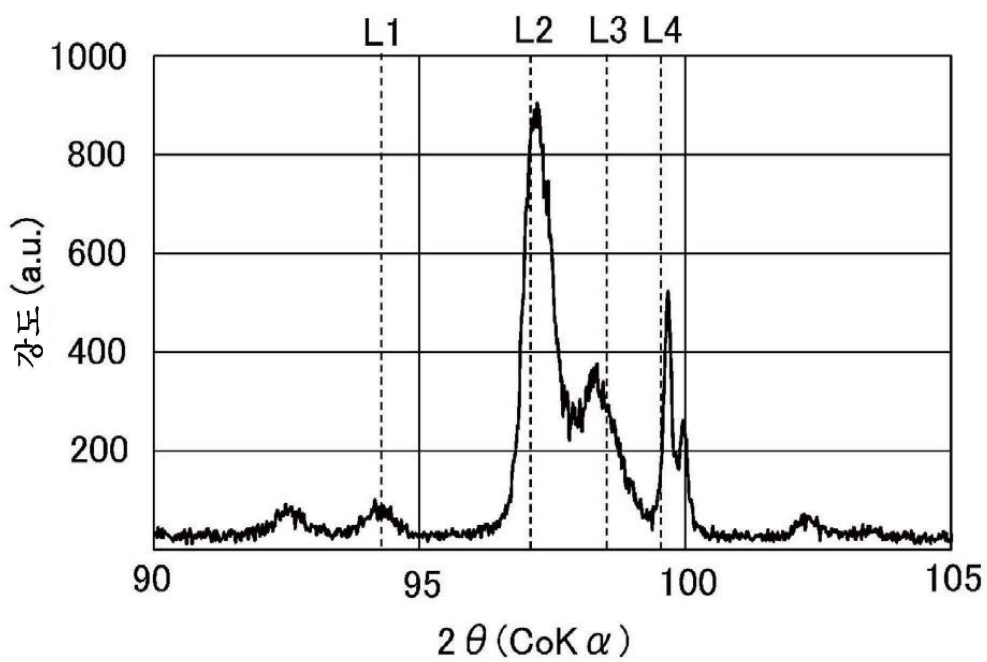
도면4



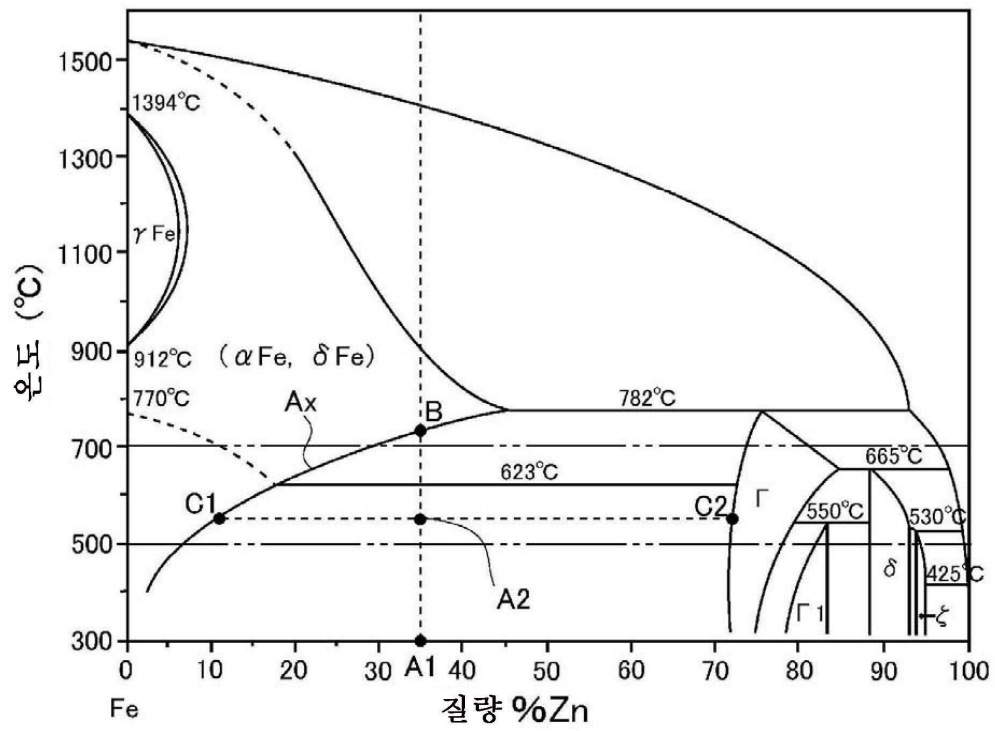
도면5



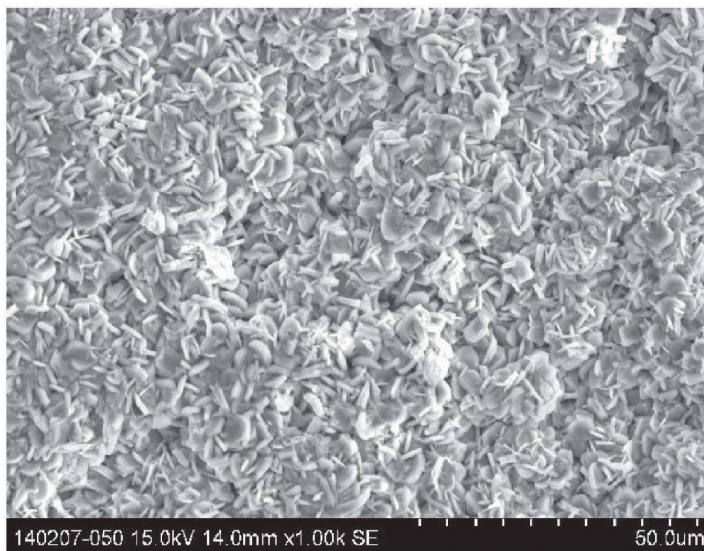
도면6



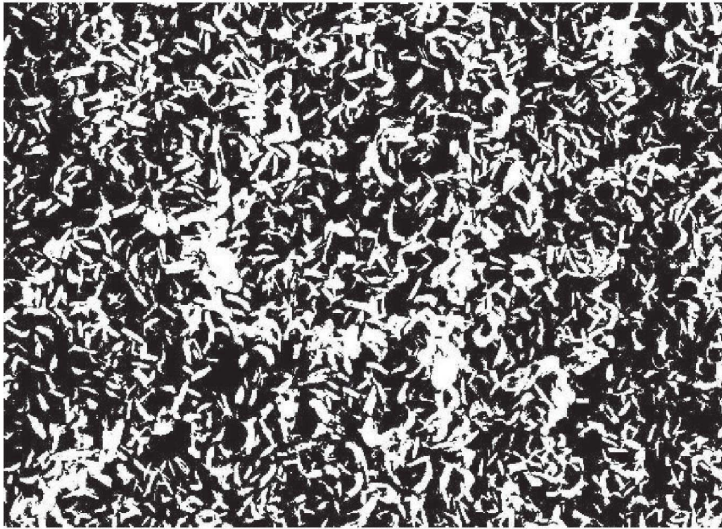
도면7



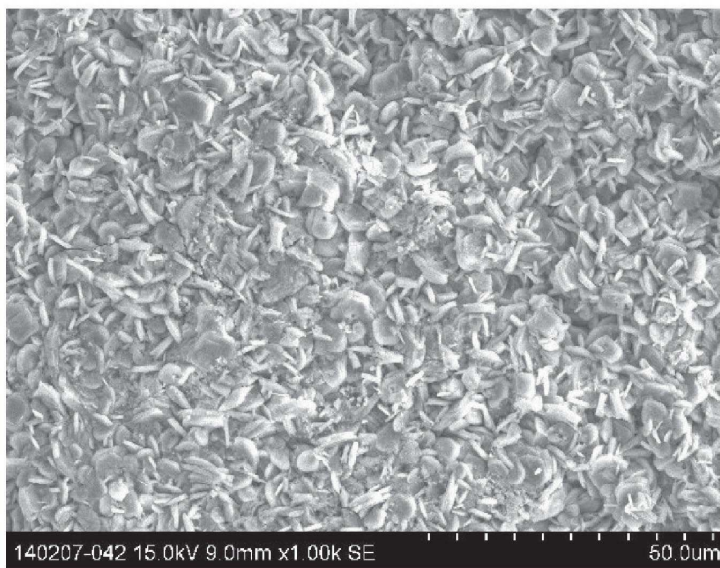
도면8



도면9



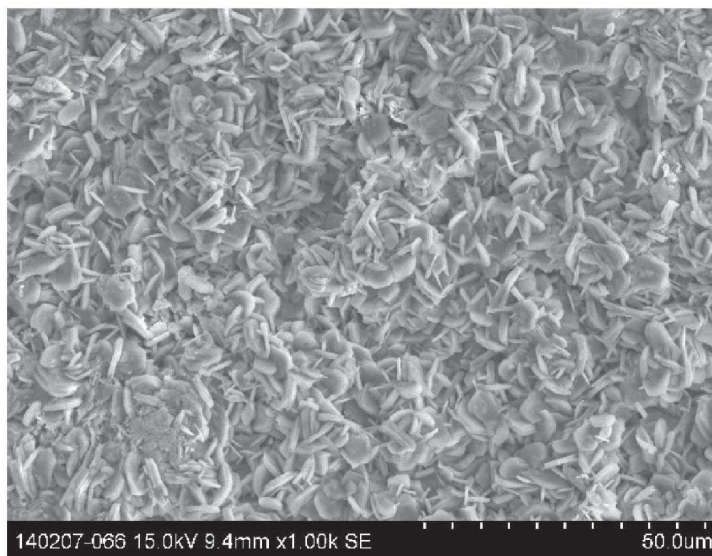
도면10



도면11



도면12



도면13

