



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월20일
 (11) 등록번호 10-1410435
 (24) 등록일자 2014년06월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C22C 38/00 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
 C22C 38/38 (2006.01) C23C 2/06 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-7012690
 (22) 출원일자(국제) 2011년03월31일
 심사청구일자 2012년05월16일
 (85) 번역문제출일자 2012년05월16일
 (65) 공개번호 10-2012-0068990
 (43) 공개일자 2012년06월27일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2011/058749
 (87) 국제공개번호 WO 2011/126064
 국제공개일자 2011년10월13일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2010-083390 2010년03월31일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2009144251 A
 JP2007009317 A
 JP평성11279693 A
 전체 청구항 수 : 총 2 항

(73) 특허권자
 신닛테츠스미킨 카부시카이사
 일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우찌 2쵸메 6방 1고
 (72) 발명자
 다케다 겐고
 일본 1008071 도쿄 치요다쿠 마루노우찌 2쵸메
 6-1 신닛뽀세이테쯔 카부시카이사 나이
 구스미 가즈히사
 일본 1008071 도쿄 치요다쿠 마루노우찌 2쵸메
 6-1 신닛뽀세이테쯔 카부시카이사 나이
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 박장원

심사관 : 김종혁

(54) 발명의 명칭 성형성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판 및 그 제조 방법

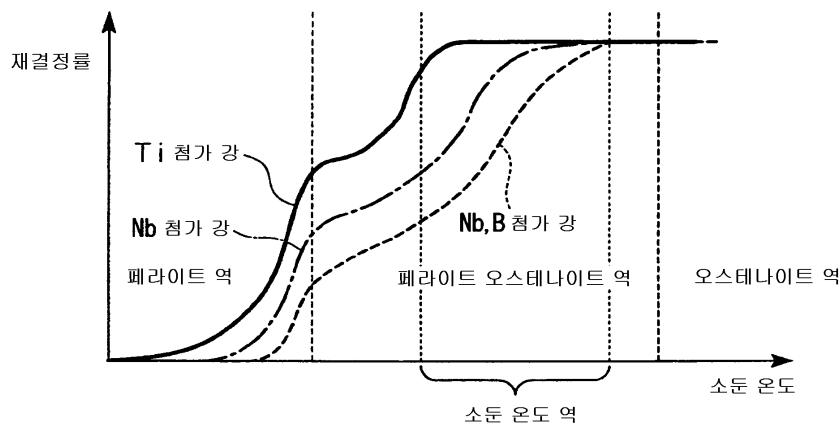
(57) 요약

제조시의 재질 변동이 적고 성형성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판을 제공한다.

Nb나 B를 첨가하는 대신에 Ti 첨가량을 제어함으로써, 연속 소둔 공정에서 일반적인 소둔 온도인 720℃ 이상이고, 또한 800℃ 또는 Ac3 온도 중 낮은 쪽의 온도 이하의 온도 범위(역소둔 온도역)에서 소둔하여도, 재결정, 입자 성장 지연 효과를 얻을 수 있다.

또한, 압연 및 열처리 조건을 제어함으로써, 페라이트와 저온 변태상의 복합 조직 강에 있어서, 페라이트 상률, 저온 변태상의 입경, 페라이트상과 저온 변태상의 나노 경도의 평균값의 비와 저온 변태상의 경도의 변동을 제어하고, 재질 변동이 작고, 성형성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판을 얻을 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

에구치 하루히코

일본 1008071 도쿄 치요다쿠 마루노우치 2쵸메 6-1
신닛뽀세이테쯔 카부시키카이샤 나이

히로와타리 준

일본 1008071 도쿄 치요다쿠 마루노우치 2쵸메 6-1
신닛뽀세이테쯔 카부시키카이샤 나이

후지이 신타로

일본 1008071 도쿄 치요다쿠 마루노우치 2쵸메 6-1
신닛뽀세이테쯔 카부시키카이샤 나이

특허청구의 범위

청구항 1

강의 성분으로서 질량%로,

C : 0.05 내지 0.1%,

Si : 0.1 내지 1.0%,

Mn : 2.0% 내지 2.5%,

Al : 0.02 내지 0.1%,

Ti : 0.01 내지 0.05%,

Cr : 0.1 내지 1.0%,

Sn : 0.0010 내지 0.1%,

잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 함유하고,

불순물로서,

P : 0.03% 이하,

S : 0.01% 이하,

Nb : 0.001% 이하,

V : 0.001% 이하,

W : 0.001% 이하,

Mo : 0.001% 이하,

Zr : 0.001% 이하,

B : 0.0001% 이하 이고,

마이크로 조직으로서 페라이트상 분율 70 내지 90%, 잔부가 마르텐사이트를 함유하는 저온 변태상이며,

저온 변태상의 평균 입경이 0.1 내지 1 μ m,

페라이트상과 저온 변태상의 평균 나노 경도의 비가 1.5 내지 3.0,

저온 변태상의 나노 경도는 측정점의 80% 이상에서 페라이트상의 평균 나노 경도의 1 내지 5배인 것을 특징으로 하는 고강도 용융 아연 도금 강판.

청구항 2

제1항 기재된 강 성분을 가진 슬라브를 1000 내지 1350 $^{\circ}$ C로 가열한 후에 마무리 압연 온도 Ar3 이상에서 열간 압연 후, 600 $^{\circ}$ C 이하에서 권취하고, 산세를 실시하고, 냉간 압연의 합계 압연율을 30 내지 70%로 하고, 1 패스 당 압하율을 30% 이하로 하여 냉간 압연하며, 그 후 720 $^{\circ}$ C 이상이며 또한 850 $^{\circ}$ C 또는 Ac3 온도 중 낮은 온도 이하의 온도를 소둔 온도로 하는 열처리를 실시함에 있어서 적어도 600 $^{\circ}$ C로부터 소둔 온도까지의 온도 범위를 0.5 $^{\circ}$ C/초 이상 6 $^{\circ}$ C/초 이하의 가열 속도로 가열하고, 소둔 온도에서 10초 이상 유지한 후, 적어도 소둔 온도로부터 650 $^{\circ}$ C까지의 온도 범위를 냉각 속도 5 $^{\circ}$ C/초 이상으로 냉각하며, 또한 적어도 600 $^{\circ}$ C에서 500 $^{\circ}$ C까지의 온도 범위를 냉각 속도 3 $^{\circ}$ C/초 이하로 냉각한 후, 용융 아연 도금 또는 합금화 용융 아연 도금을 실시하는 것을 특징으로 하는 고강도 용융 아연 도금 강판의 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 주로 자동차 부품용에 적합한 성형성이 우수한 고강도 용융 아연 도금 강판 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자동차의 크로스 멤버나 사이드 멤버 등의 부재는 최근의 연비 경량화 동향에 대응할 수 있도록 경량화가 검토되고 있다. 재료면에서는 박육화하여도 강도 및 충돌 안전성이 확보된다고 하는 관점에서, 강판의 고강도화가 진행되고 있다. 그러나, 재료의 성형성은 강도가 상승함에 따라 열화(劣化)하므로, 상기 부재의 경량화를 실현하려면, 성형성과 고강도를 모두 만족하는 강판을 제조할 필요가 있다.

[0003] 성형성과 고강도를 양립시키는 강판으로서, 특허 문헌 1에 잔류 오스테나이트를 활용하고, 변태유기소성(變態誘起塑性)을 이용하여 연성을 향상시키는 기술, 이른바 잔류 오스테나이트 강이 개시되어 있다. 그러나, 잔류 오스테나이트를 잔존시키려면 2상역 소둔 후의 냉각 속도를 크게 하여, 페라이트 변태나 펄라이트 변태를 방지하고, Si나 Al을 첨가하여 세멘타이트의 석출을 억제할 필요가 있다. 냉각 속도를 크게 하려면 냉각 속도가 높은 연속 소둔 라인이 필요하고, 고Si 첨가는 도금성을 해치고, 고Al은 주조성을 해치는 경우가 많다.

[0004] 특허 문헌 2, 특허 문헌 3에는 페라이트와 마르텐사이트를 함유하는 저온 변태상의 복합 조직을 가진 이른바 듀얼 페이스 강(이하 DP 강)이 개시되어 널리 사용되고 있다. DP 강은 잔류 오스테나이트 강에는 미치지 않지만, 충분한 강도 연성 밸런스를 나타내기 때문에, 비교적 복잡한 형상의 차체 부품에 사용되고 있다. 또한, DP 강의 강도는 최근의 차체 경량화의 동향에 대응하여 증가하고 있다.

[0005] 예를 들면, 특허 문헌 4나 특허 문헌 5에는 탄화물 형성 원소인 Nb, Ti 등의 원소를 첨가하여 소둔 중의 재결정 억제나 석출 강화를 활용하고, 인장 강도 780 MPa 이상을 확보하는 기술이 개시되어 있다.

[0006] 또한, 특허 문헌 6, 특허 문헌 7에는 복합 조직강이기 때문에 연신 플랜지 성형성은 일반적으로 저위이지만, 모상인 페라이트와 저온 변태상의 경도의 차이를 제어하여 연신 플랜지 성형성을 개선하는 기술이 개시되어 있다. 이 발명들에서는 경도는 비커스 경도로 측정되고 있다.

[0007] 그러나, 인장 강도가 780 MPa 이상인 DP 강판의 경우, 마이크로 조직의 입경이 작고 비커스 경도로는 평가를 할 수 없다.

[0008] 이에, 최근 개발된 나노 인텐테이션이라는 기술을 사용하여 측정된 나노 경도로 특성을 평가하는 기술이 특허 문헌 8에 개시되어 있다. 이 기술에서는 페라이트와 저온 변태상의 경도의 비를 페라이트 분율에 따라 규정하고 있고, 이것에 의하여 굽힘 특성이 개선된다고 하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 특허 문헌 1: 일본 공개 특허 공보 평 6-145788호 공보
- (특허문헌 0002) 특허 문헌 2: 일본 공개 특허 공보 평 10-147838호 공보
- (특허문헌 0003) 특허 문헌 3: 일본 공개 특허 공보 2002-363695호 공보
- (특허문헌 0004) 특허 문헌 4: 일본 공개 특허 공보 2009-144225호 공보
- (특허문헌 0005) 특허 문헌 5: 일본 공개 특허 공보 2002-363685호 공보
- (특허문헌 0006) 특허 문헌 6: 일본 공개 특허 공보 2009-191360호 공보
- (특허문헌 0007) 특허 문헌 7: 일본 공개 특허 공보 2009-167475호 공보
- (특허문헌 0008) 특허 문헌 8: 일본 공개 특허 공보 2009-167467호 공보
- (특허문헌 0009) 특허 문헌 9: 일본 공개 특허 공보 2010-65316호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 마이크로 합금 원소를 활용한 DP 강을 제조하는 경우, Ti나 Nb 등의 마이크로 합금 탄화물의 석출 거동이 재질에 영향을 미친다. 즉, 강판 제조 조건, 특히 소둔 조건의 영향을 받아 재질이 변동하는 경우가 있다. 이 경우의 재질 변동은 주로 항복 강도와 연신 플랜지 성형성에 나타난다.
- [0011] 항복 강도가 변동하였을 경우에는, 프레스 성형 후의 스프링백 발생 거동이 변화하여, 차체 부품의 치수 정밀도가 저하된다고 하는 과제가 있다. 이 때문에, 부품 불량률이 발생하고, 오프라인에서의 교정이 필요하게 된다.
- [0012] 연신 플랜지 성형성이 변동하였을 경우에는 프레스 성형시에 블랭킹에 의하여 생긴 전단 가공부에서 균열이 발생한다고 하는 과제가 있다.
- [0013] 종래, 마이크로 합금으로서 많이 사용되고 있는 원소는 Nb이다. Nb는 고용 상태에서도 솔루트 드래깅(Solute dragging) 효과에 의하여 페라이트의 입자 성장이나 재결정을 지연시키고, 미세결정 페라이트나 세립화에 의하여 강도 강화에 기여한다. 또한, 탄화물로서 석출하였을 경우에는 석출 강화에 의하여 강도 상승 효과가 있다. 이러한 이유에 의하여 강도 향상을 위하여 Nb는 사용되어 왔다.
- [0014] 또한, 이것에 B를 첨가하면, Nb의 솔루트 드래깅 효과가 향상되고, 강도 상승 효과가 커진다.
- [0015] 그러나, Nb 첨가, 또한 Nb 및 B의 첨가로 재결정 지연 효과나 입자 성장 억제 효과가 크기 때문에, 높은 소둔 온도가 필요하다. 그 때문에 연속 소둔에서의 일반적인 온도 범위인 720℃ 내지 800℃의 범위에서는 재결정은 완료되지 않고, 인장 강도 등의 재질의 소둔 온도 의존성이 커지게 된다.
- [0016] 또한, 특허 문헌 8에 개시된 페라이트상과 저온 변태상의 나노 경도의 비를 제한하여 굽힘성을 개선하는 기술은 평균 경도의 비가 규정되어 있을 뿐이다. 그 때문에, 저온 변태상 중에 경도가 높은 것이 존재하고 있었을 경우에도, 주위의 평균값에 포함되어 버리는 경우가 있다. 이와 같은 경도가 높은 저온 변태상이 존재하는 경우에는 연신 플랜지 성형성의 변동 요인이 되고, 또한 인장 특성의 변동의 원인도 되어 문제가 된다.
- [0017] 특허 문헌 9에는 페라이트를 주상으로 하고, 베이나이트 및 마르텐사이트의 저온 변태상을 제2 상으로 하는 복합 조직 강판으로, TS-EL, TS-λ(연신 플랜지 성형성의 평가 척도) 밸런스가 좋은 강판이 개시되어 있다. 이것은 Ti, Nb를 적극적으로 첨가하고, 제2 상의 구성 비율을 제어하여, 모상 조직의 경도 제어를 적절히 실시하는 것이 개시되어 있다. 그러나, 이 경우 Ac3 온도 이상의 소둔 온도가 필요하기 때문에, 소둔 온도 의존성은 크다.
- [0018] 이상과 같이, 제조 조건에 의하여 재질 변동이 없는 것은 DP 강에 있어서 중요한 요건이 되고 있다. 특히, 생산성이 높은 소둔 조건, 예를 들면 연속 소둔에서의 일반적인 온도 범위인 720℃ 내지 800℃의 범위나, 높아도 Ac3 온도 이하인 소둔에 있어서도 재질 변동이 없는 DP 강이 요구되고 있다.

과제의 해결 수단

- [0019] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명자들은 예의 검토를 실시한 결과, 재결정·입자 성장 지연 효과는 Nb에 비하여 작고, 연속 소둔에서의 일반적인 온도 범위인 720℃ 내지 800℃의 범위에서의 재결정이 가능하도록 Ti를 첨가하고, Nb나 B의 첨가량을 제한함으로써 재질 변동을 억제할 수 있는 것을 밝혀내었다.
- [0020] 즉, Ac3 온도까지 가열하지 않고, 720℃ 이상, 그리고 850℃ 또는 Ac3 온도 중 낮은 쪽의 온도 이하의 온도 범위(이하, 역소둔 온도역이라 한다)에서 소둔하여도, 재질 변동을 억제하면서, 소정의 특성을 얻을 수 있는 것을 밝혀내었다.
- [0021] 또한, 소둔시의 가열 속도와 냉각 패턴을 최적화함으로써, 페라이트 상률, 저온 변태상의 입경, 페라이트상과 저온 변태상의 나노 경도의 평균값의 비와 저온 변태상의 경도의 변동을 제어할 수 있는 것을 밝혀내었다.
- [0022] 이와 같은 지건에 의하여, 재질 변동이 적은 고강도 용융 아연 도금 강판을 제조할 수 있는 것을 밝혀내고, 본 발명을 완성하기에 이르렀다. 본 발명이 요지로 하는 것은 아래와 같다.
- [0023] [1] 강의 성분으로서 질량%로, C : 0.05 내지 0.1%, Si : 0.1 내지 1.0%, Mn : 2.0% 내지 2.5%, Al : 0.02 내지 0.1%, Ti : 0.01 내지 0.05%, Cr : 0.1 내지 1.0%, Sn : 0.0010 내지 0.1%, 잔부 Fe 및 불가피한 불순물을 함유하고, 마이크로 조직으로서 페라이트상 분율 70 내지 90%, 잔부가 마르텐사이트를 함유하는 저온 변태상이며, 저온 변태상의 평균 입경이 0.1 내지 1μm, 페라이트상과 저온 변태상의 평균 나노 경도의 비가 1.5 내지 3.0, 저온 변태상의 나노 경도는 측정점의 80% 이상이고 페라이트상의 평균 나노 경도의 1 내지 5배인 것을 특징으로

하는 고강도 용융 아연 도금 강판.

[0024] [2] [1]에 기재된 강 성분을 가진 슬라브를 1000 내지 1350℃로 가열한 후에 마무리 압연 온도 Ar3 이상에서 열간 압연 후, 600℃ 이하에서 권취, 산세를 실시하고, 냉간 압연의 합계 압연율을 30 내지 70%로 하고, 1 패스당 압하율을 30% 이하로 하여 냉간 압연하며, 그 후 720℃ 이상이고, 또한 850℃ 또는 Ac3 온도 중 낮은 온도 이하의 온도를 소둔 온도로 하는 열처리를 실시함에 있어서, 적어도 600℃로부터 소둔 온도까지의 온도 범위를 0.5℃/초 이상 6℃/초 이하의 가열 속도로 가열하고, 소둔 온도로 10초 이상 유지한 후, 적어도 소둔 온도로부터 650℃까지의 온도 범위를 냉각 속도 5℃/초 이상으로 냉각하며, 또한 적어도 600℃에서 500℃까지의 온도 범위를 냉각 속도 3℃/초 이하로 냉각한 후, 용융 아연 도금 또는 합금화 용융 아연 도금을 실시하는 것을 특징으로 하는 고강도 용융 아연 도금 강판의 제조 방법. 소둔 온도를 850℃ 또는 Ac3 온도 이하로 한 것은 이 온도를 초과하여 가열하면, 강판 강도가 급격하게 저하되어, 소둔 공정에서의 통관성이 나빠지기 때문이다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 의하여, 연속 소둔 공정으로 일반적인 소둔 온도인 720℃ 이상이고, 또한 850℃ 또는 Ac3 온도 중 낮은 쪽의 온도 이하의 온도 범위(역소둔 온도역)에서 소둔하여도 재질 변동이 작고, 성형성이 양호하며, 소정의 특성을 가진 고강도 용융 아연 도금 강판을 제공할 수 있다. 특히 780 MPa 이상의 고강도 용융 아연 도금 강판에 있어서, 현저한 효과를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 Ti 첨가 강, Nb 첨가 강 및 Nb·B 첨가 강의 재결정률과 소둔 온도와와의 관계를 나타내는 그래프이다. 도 2는 실시예에 있어서 저온 변태상의 면적률을 구할 때에 사용한 강판의 조직을 나타내는 현미경 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명의 기본적인 사상에 대하여 설명한다.
- [0028] 본 발명의 강판은 탄화물 형성 원소의 첨가를 Ti로 한정하고, 종래 많이 사용된 Nb를 첨가하지 않고, 또한 재결정에 크게 영향을 미치는 B의 첨가량을 제한한 것을 특징으로 하고 있다.
- [0029] 또한, 본 발명에 관한 강판의 제조 방법은 소둔시의 가열 속도와 소둔 후의 냉각 속도를 최적화함으로써, 페라이트 상률, 저온 변태상의 입경, 페라이트상과 저온 변태상의 나노 경도의 평균값의 비와 저온 변태상의 경도의 변동을 제어하는 것을 특징으로 하고 있다.
- [0030] 이로부터, 재질 변동이 적은 고강도 용융 아연 도금 강판을 제조할 수 있는 것을 밝혀내었다.
- [0031] 먼저, 페라이트의 재결정이나 석출 강화에 기여하는 탄화물 형성 원소를 Ti로 한정하는 동시에, 다른 탄화물 형성 원소의 함유를 제한한 이유를 이하에 나타낸다.
- [0032] Nb는 재결정 억제와 석출 강화에 유효한 원소이다. 열연시의 석출 거동은 권취 온도에 크게 의존한다. 또한, 소둔 공정의 가열시에 미세 석출하는 경우에도 재결정을 지연시키는 효과가 크기 때문에, 소둔된 강판의 재질이 소둔 온도에 크게 의존한다고 생각된다.
- [0033] 그 밖의 탄화물 형성 원소로서 사용되는 V, W, Mo, Zr도 마찬가지이고, 또한 탄화물 석출의 열간 압연에서의 권취 온도 의존성, 소둔 공정의 가열 속도 의존성 및 소둔 온도 의존성이 각각 다르기 때문에, 재질 변동의 요인이 된다.
- [0034] Ti는 Nb와 비교하면, 그 솔루트 드래깅 효과에 의한 재결정·입자 성장 지연 효과나 탄화물에 의한 석출 강화의 효과가 작다. 이 때문에, 일반적인 연속 소둔에서 제조가 용이한 온도 범위인 720℃ 내지 800℃의 범위에 있어서는 인장 강도 등의 재질의 소둔 온도 의존성이 작아진다. 개념도를 도 1에 나타낸다.
- [0035] 도 1에 나타내는 바와 같이, Ti 첨가 강은 재결정이 페라이트 역의 온도에서 개시되고, 페라이트와 오스테나이트의 2상역이 되면 변태한 오스테나이트에 의하여 재결정이 지연된다고 생각된다. 그 후 온도를 올리면, 재결정이 완료한다. 이것에 의하여 Ti 첨가 강은 Nb 첨가 강이나 Nb·B 첨가 강에 비하여, 비교적 저온에서 안정적인 재결정 상태를 얻을 수 있다. 즉, 재질 변동을 줄이는 것이 가능하게 된다고 생각된다. 상기의 이유로부터 탄화물 형성 원소를 Ti로만 한정하였다.
- [0036] 또한, B는 소둔 후의 냉각시에 페라이트 변태나 펄라이트 변태를 지연시킨다. 그 때문에, 복합 조직을 얻기에

효과적인 원소이다. 그러나, 변태 억제 효과가 크기 때문에 열연 후의 강판이 딱딱하여, 냉간 압연이 곤란하게 되는 경우가 있다. 또한, 도 1의 Nb·B 첨가 강의 예에 나타내는 바와 같이, 역소둔 온도역 중의 재결정이 억제되므로, 소둔 온도를 높게 할 필요가 있다. 이 때문에, B의 첨가량을 제한하였다. Nb·B 첨가 강의 재결정 지연의 개념도를 도 1에 함께 도시한다.

- [0037] Ti의 소둔 공정의 가열 중에서의 미세 석출을 제어하기 위하여는 Ti의 첨가량과 열연 조건, 특히 권취 온도의 제한이 유효하다. 또한, 소둔 공정 중에서의 가열로 가열 속도를 제한함으로써, 재결정의 지연이 억제되어 재질 변동을 작게 할 수 있다.
- [0038] Ti는 열연 가열시에 주로 N 첨가량에 상당하는 양의 TiN로서 석출한다. 잔존한 Ti는 권취시에 TiC로서 석출하므로, 미세 석출을 억제하기 위하여 권취 온도를 제한한다. 열연시에 침전물을 형성하지 않았던 Ti, 즉, 고용 Ti는 소둔 공정의 가열시에 TiC로서 미세 석출하거나, 또는 고용 Ti인 그대로 존재하여 재결정·입자 성장을 억제하는 것으로 생각된다.
- [0039] 다음으로 저온 변태상의 제어에 대하여 설명한다. 저온 변태상의 입경 및 저온 변태상과 페라이트상과의 나노 경도의 비 및 이들의 변동 범위를 제어하였다. DP 강에서는 인장 강도는 저온 변태상의 강도에 큰 영향을 받는다. 즉, 저온 변태상의 경도가 높은 경우에는 인장 강도가 높아진다. 그 때문에, 저온 변태상의 경도의 변동은 인장 강도 변동의 요인이 된다. 저온 변태상의 경도는 소둔시의 오스테나이트 중의 탄소 농도에 의존하고 있다. 또한, 탄소량이 변동하면, 변태 팽창률이 변동하고, 근접한 페라이트에 도입되는 가동 전위량에 영향을 미친다. 그 때문에 저온 변태상과 페라이트상과의 경도의 비와 그 변동 범위를 제한함으로써, 항복 강도의 변동을 억제할 수 있다.
- [0040] 저온 변태상과 페라이트상의 경도의 비는 연신 플랜지 성형성에도 영향을 미친다. DP 강에서는 저온 변태상의 근방으로부터 공극이 발생하여 균열의 기점이 된다. 저온 변태상과 페라이트상과의 경도의 비가 큰 경우에는 변형이 작아도 공극이 발생하기 쉽다. 이 연신 플랜지 성형성의 관점에서는 경도의 비는 작은 것이 좋다.
- [0041] 다만, 경도의 비가 과도하게 작은 경우에는 저온 변태상이 변태할 때의 체적 팽창이 작기 때문에, 페라이트 중에 도입되는 가동 전위량이 적어진다. 그 경우에는 DP 강의 특징인 저항복비가 실현되지 않게 된다.
- [0042] 저온 변태상의 경도는 오스테나이트 중의 탄소 농도에 의존한다. 오스테나이트에의 탄소의 분배가 과도하게 불균일하면 저온 변태상의 경도의 변동은 커지게 되고, 그것에 의하여 항복 강도나 연신 플랜지 성형성의 변동이 커진다. 이 때문에, 저온 변태상의 경도의 변동 폭을 제어하지만 재질 변동을 제어하는데 있어서 중요하다.
- [0043] 저온 변태상은 입경이 미세하고, 많이 분산되어 있는 것이 좋다. 그 이유는 연신 플랜지 성형시의 공극 발생이 국소적으로 되지 않기 때문에 유리하고, 미세하게 분산함으로써 페라이트 중으로의 가동 전위(轉位)의 도입이 균일하게 되기 때문이다.
- [0044] 저온 변태상의 경도의 비와 그 변동 범위, 입경은 소둔 공정에서의 가열 속도 및 냉각 속도로 제어할 수 있다. 그 사상을 아래에 나타낸다.
- [0045] 먼저 가열 속도에 대하여 설명한다. 소둔의 가열 공정에서는 철탄화물의 용해와 페라이트의 회복, 재결정이 600℃ 근방 이상에서 일어나고, 700℃ 근방의 Ac1 변태점 이상에서는 페라이트로부터 오스테나이트로의 변태가 일어난다. 철탄화물의 용해는 가열 속도를 낮게 함으로써 촉진되고, 탄소 분포의 균일화를 꾀할 수 있다. 페라이트로부터 오스테나이트로의 변태가 일어나면, 페라이트의 재결정이 억제된다. 이 때문에, 600℃로부터 소둔 온도까지의 온도 영역에서의 가열 속도를 제한함으로써 재결정률을 제어할 수 있다.
- [0046] 소둔 온도에 의하여 페라이트와 오스테나이트의 분율이 정해지고, 오스테나이트에 탄소 등이 농화한다. 또한, 가열 속도와 Ti 첨가량 및 열연 압연에서의 권취 온도의 제한에 의하여 페라이트의 재결정이 제어되고, 페라이트와 저온 변태상의 경도의 비는 적당한 범위로 유지된다.
- [0047] 다음으로 소둔 후의 냉각에서는 소둔 온도로부터 650℃까지의 온도 범위를 비교적 빨리 냉각하고, 변태의 핵 생성 사이트를 많게 하여, 저온 변태상을 미세화시킨다. 또한, 600℃에서 500℃의 온도 범위를 비교적 느리게 냉각함으로써, 페라이트 변태에서 분배되는 오스테나이트 중의 탄소량의 변동을 작게 할 수 있다.
- [0048] 다음으로, 구체적인 조건의 제한 이유를 설명한다.
- [0049] 먼저, 화학 성분의 제한에 대하여 설명한다. 또한, 특히 달리 정의하지 않는 한, 「%」는 질량%를 의미한다.
- [0050] C: C는 강판의 강도를 상승시킬 수 있는 원소이다. 그러나, 0.05% 미만이면 마르텐사이트를 주상으로 하는 저

온 변태상의 경도가 낮아지기 때문에, 780 MPa 이상의 인장 강도를 확보하는 것이 곤란하게 된다. 한편, 0.1%를 넘으면 스포트 용접성의 확보가 곤란해진다. 이 때문에, 그 범위를 0.05 내지 0.1%로 한정하였다. 그 효과를 확실하게 하기 위하여, 하한 값은 0.06%로 하는 것이 좋고, 0.07%로 하면 더 좋고, 가능하면 0.075%로 하는 것이 좋다. 또한, 상한 값은 0.095%로 하는 것이 좋고, 가능하면 0.09%로 하는 것이 좋다.

[0051] Si : Si는 강화 원소이며, 강관의 강도를 상승시키는 데 유효하다. 그러나, 0.1% 미만이면 연신의 열화에 의한 성형성의 저하가 현저하게 되고, 또한 1%를 넘으면 도금의 젖음성이 저하된다. 따라서, Si 함유량은 0.1 내지 1.0%의 범위로 제한하였다. 그 효과를 확실하게 하기 위하여, 하한 값은 0.25%로 하는 것이 좋고, 0.3%로 하면 더 좋고, 가능하면 0.4%로 하는 것이 좋다. 또한, 상한 값은 0.8%로 하는 것이 좋고, 가능하면 0.6%, 또한 0.5%로 하는 것이 좋다. 울 라디안트 튜브식 가열로를 가진 연속 용융 아연 도금 라인에는 0.4 내지 0.5%로 하는 것이 가장 적합한다.

[0052] Mn : Mn는 강화 원소이고, 강관의 강도를 상승시키는 데 유효하다. 그러나, 2.0% 미만이면 780 MPa 이상의 인장 강도를 얻는 것이 곤란하다. 반대로 많으면 P, S와의 공편석을 조장하고, 굽힘성이나 연신 구멍 확장성의 현저한 열화를 초래하기 때문에, 2.5%를 상한으로 한다. 그 효과를 확실하게 하기 위하여, 하한 값은 2.1%로 하는 것이 좋고, 2.2%로 하면 더 좋다. 상한 값은 2.4%로 하는 것이 좋고, 2.3%로 하면 더 좋다.

[0053] Ti : Ti는 페라이트 결정립의 성장 억제에 의한 세립 강화 및 전위 강화로, 강관의 강도 상승에 기여하는 중요한 원소이다. 주상인 페라이트를 경질화하고, 강화상인 마르텐사이트를 주체로 하는 저온 변태상과 페라이트상의 경도의 차이를 저하시켜 굽힘성 및 구멍 확장성을 향상시킨다. 이 효과들은 0.01% 미만에서는 얻을 수 없기 때문에, 하한 값을 0.01%로 하였다.

[0054] 한편, 0.05%를 초과하여 함유하면, 탄질화물의 석출이 많아져서 성형성이 열화하기 때문에, 상한 값을 0.05%로 하였다. 그 효과를 확실하게 하기 위하여, 하한 값은 0.015%로 하는 것이 좋고, 0.02%로 하면 더 좋다. 상한 값은 0.04%로 하는 것이 좋고, 0.03%로 하면 더 좋다. 인장 강도를 780 MPa 이상으로 하고, 항복 강도의 변동을 작게 하는 경우에는 하한 값을 0.02%, 상한 값을 0.03%로 제한하면 좋다.

[0055] Cr : Cr은 강화 원소인 동시에 담금질성의 향상에 중요하고, 오스테나이트 형성제이기 때문에, 저온에서 오스테나이트 분율을 확보하기 위하여 필수적인 원소이다. 0.1% 미만에서는 효과를 얻을 수 없기 때문에 하한 값을 0.1%로 하였다. 반대로, 1%를 초과하여 함유하면 과도하게 강도가 증가하기 때문에, 상한 값을 1%로 하였다. 좋기로는, 0.2 내지 0.8%, 더 좋기로는, 0.3 내지 0.7%이다.

[0056] Al : Al은 페라이트 형성을 촉진하고, 연성을 향상시키므로 첨가하여도 좋다. 또한, 탈산재로서도 활용 가능하다. 그 효과는 0.02% 미만에서는 발휘되지 않기 때문에, 하한을 0.02%로 하였다. 그러나, 과잉 첨가는 Al계의 조대 개재물을 형성하고, 표면 스크래치나 구멍 확장성의 열화의 원인이 된다. 이것으로부터, Al 첨가의 상한을 0.1%로 하였다. 좋기로는, 0.04 내지 0.09%, 더 좋기로는, 0.05 내지 0.08%이다.

[0057] P : P는 강관의 관 두께 중앙부에 편석하는 경향이 있고, 용접부를 취화시킨다. 그 때문에 적은 편이 좋고, 오히려 없는 편이 좋다. 0.03%를 넘으면 용접부의 취화가 현저하게 되기 때문에, 그 적정 범위를 0.03% 이하로 한정하였다. P의 하한 값은 특히 정하지 않지만, 0.0001 질량% 미만으로 하는 것은 경제적으로 불리하기 때문에, 이 값을 하한 값으로 하는 것이 좋다. 즉, 불가피한 불순물로서 허용되는 함유량은 0.03% 이하로 한다.

[0058] S : S는 용접성 및 주조시 및 열연시의 제조성에 악영향을 미친다. 그 때문에 적은 편이 좋고, 오히려 없는 편이 좋다. 이것으로부터, 그 상한 값을 0.01 질량% 이하로 하였다. S의 하한 값은 특히 정하지 않지만, 0.0001% 미만으로 하는 것은 경제적으로 불리하기 때문에 이 값을 하한 값으로 하는 것이 좋다. 즉, 불가피한 불순물로서 허용되는 함유량은 0.01% 이하로 한다.

[0059] N : N은 조대한 질화물을 형성하고, 굽힘성이나 구멍 확장성을 열화시키기 때문에, 첨가량을 억제할 필요가 있고, 오히려 없는 편이 좋다. 이것은 N이 0.01%를 넘으면, 이 경향이 현저하게 되기 때문에, N 함유량의 범위를 0.01% 이하로 하였다. 또한, 용접시의 블로우 홀 발생의 원인이 되기 때문에 적은 것이 좋다. 하한은 특별히 정하지 않고 본 발명의 효과는 발휘되지만, N 함유량을 0.0005% 미만으로 하는 것은 제조 비용의 대폭적인 증가를 초래하기 때문에 이것이 실질적인 하한이다. 즉, 불가피한 불순물로서 허용되는 함유량은 0.01% 이하로 한다.

[0060] Nb : Nb는 재결정 억제 효과, 페라이트 세립화 및 석출 강화에 의하여 페라이트상의 강화에 효과적인 원소이다. 그러나, 열간 압연시의 압연 중 및 권취 공정이나 소둔 공정의 가열 중에 NbC로서 석출하여 석출 강화나 재결정의 억제에 영향을 미치고, 고용 Nb인 그대리어도 슬루트 드래깅 효과에 의하여 재결정 억제에 영향을 주기 때문에 강도에 크게 영향을 미치며, 그 때문에 제조 공정의 영향을 받기 쉽고 재질 변동 요인이 되어 첨가는 좋지

않다. 이에, 본 발명에서는 적극적으로는 첨가하지 않는다. 존재하여도, 그 함유량을 0.0010% 이하로 제한하는 것이 좋다. 이 제한은 본래 무첨가로 하였을 경우에 있어서도, 스크랩의 이용에 의하여 해당 원소를 함유하는 경우를 생각하여, 함유량을 제한 이하에 관리하는 것이 좋기 때문이다. 즉, 불가피한 불순물로서 허용되는 함유량은 0.0010% 이하로 한다.

[0061] V, W, Mo, Zr : 이 탄화물 형성 원소들은 Ti, Nb에 비하여 침전물을 형성하기 어렵다고 하는 특징이 있다. 이 원소들이 첨가되면 원소마다의 석출 거동이 달라, 탄화물 석출의 권취 온도 의존성, 소둔 공정에서의 가열 속도 의존성이나 소둔 온도 의존성이 변화하기 때문에, 재질의 변동 요인이 된다. 그 때문에 첨가는 바람직하지 않다. 이에, 본 발명에서는 V, W, Mo, Zr를 적극적으로는 첨가하지 않는다. 존재하더라도, 각각의 함유량을 0.0010% 이하로 제한하는 것이 좋다. 이 제한은 본래 무첨가로 한 경우에도, 스크랩의 이용에 의하여 해당 원소를 함유하여 버리는 경우를 생각하여 함유량을 제한 이하로 관리하는 것이 바람직하기 때문이다. 즉, 각각의 원소가 불가피한 불순물로서 허용되는 함유량은 0.0010% 이하로 한다.

[0062] B : B는 담금질성을 증가시키는 동시에 재결정 억제에도 효과가 있는 원소이다. 그러나, B의 첨가에 의하여 열연 강판의 강도가 높아지고, 냉간 압연성이 저하된다. 또한, 페라이트의 재결정을 억제하기 위하여, 소둔 온도를 올릴 필요가 있고, 무첨가가 좋다. 이에, 본 발명에서는 적극적으로는 첨가하지 않는다. 존재하더라도, 그 함유량을 0.0001% 이하로 제한하는 것이 좋다. 이 제한은 본래 무첨가로 하였을 경우에 있어서도, 스크랩의 이용에 의하여 해당 원소를 함유하게 되는 경우를 생각하여, 함유량을 제한 이하로 관리하는 것이 바람직하기 때문이다. 즉, 불가피한 불순물로서 허용되는 함유량은 0.0001% 이하로 한다.

[0063] Sn : Sn는 용융 아연 도금을 하였을 경우에 도금 밀착성을 향상시키고, 또한, 합금화를 촉진하는 효과가 있다. 그 효과는 0.0010% 미만에서는 발휘되지 않기 때문에, 하한을 0.0010%로 하였다. 또한, 과도하게 첨가하면 슬라브의 열가공성이 저하하기 때문에 그 상한을 0.1% 이하로 하였다. 그 효과를 확실하게 얻기 위하여, 하한 값을 0.002%로 하고, 상한 값을 0.03%로 하는 것이 좋다. 또한, 하한 값을 0.005%, 상한 값을 0.01%로 하면 더 좋다.

[0064] 그 밖의 원소로서 황화물 형태 제어를 위해 Ca나 REM을 첨가하여도 좋다. 또한, 불가피한 불순물로서 Ni, Cu 등의 원소가 함유하는 경우가 있으나, 그 함유는 본 발명의 특성에 영향을 미치지 않는 한 함유하여도 좋다. 그 원소들의 함유량은 척도로서 각각의 원소에 대하여 0.05% 이하인 것이 좋다.

[0065] 다음으로 마이크로 조직의 한정 이유를 설명한다.

[0066] 페라이트상 분율을 70 내지 90%로 하고, 잔부는 마르텐사이트를 함유하는 저온 변태상으로 한다. 이 비율로 함으로써 인장 강도 780 MPa 이상과 소정의 연성이 확보된다. 페라이트상 분율이 70% 미만이면 페라이트에 의한 연성을 확보할 수 없다. 페라이트상 분율이 90%를 넘으면 저온 변태상이 적기 때문에, 인장 강도가 780 MPa를 밑돈다. 페라이트상 분율은 좋기로는 75 내지 88%, 더 좋기로는 80 내지 85%로 하면 좋다.

[0067] 저온 변태상에 마르텐사이트를 함유한 것은 마르텐사이트 변태에 의하여 페라이트상 중에 가동 전위가 도입되어 항복점이 저하하고, 항복비 0.7 이하를 확보할 수 있기 때문이다.

[0068] 저온 변태상은 미세하고 많이 분산되어 있는 것이 좋다. 그렇게 함으로써 연신 플랜지 성형성이 양호해지기 때문이고, 뿐만 아니라 페라이트상 중에서의 가동 전위의 도입이 균일하게 되기 때문이다. 그러나, 저온 변태상의 평균 입경이 0.1 μ m 미만이면, 페라이트 중에서의 가동 전위의 도입량이 적고, 항복비가 0.7을 초과하게 된다. 이 때문에 저온 변태상의 평균 입경의 하한을 0.1 μ m로 하였다. 또한, 저온 변태상의 평균 입경이 과도한 경우에는 연신 플랜지 성형성이 열화하기 때문에, 그 상한을 1 μ m로 하였다. 상기 효과를 확실하게 하기 위하여, 저온 변태상의 평균 입경은 0.4 내지 0.8 μ m의 범위가 더 좋다. 더 좋기로는, 0.5 내지 0.7 μ m로 하면 좋다.

[0069] 또한, 페라이트상 분율이나 저온 변태상의 입경을 측정하는 방법은 후술하는 실시예 중의 [저온 변태상의 평균 입경] 항목에 기재하는 레벨러법에 기초하여 측정할 수 있다.

[0070] 페라이트상과 저온 변태상의 평균 나노 경도의 비(저온 변태상의 평균 나노 경도/페라이트상의 평균 나노 경도로 정의한다. 나노 경도는 강판 표면으로부터 판 두께의 1/4 정도의 깊이 위치에서 측정한다.)를 1.5 내지 3.0으로 하면 좋다. 경도의 비가 3.0을 넘으면, 연신 플랜지 성형성이 열화된다. 또한, 경도의 비가 1.5 미만인 경우에는 저온 변태상에의 탄소의 농축이 불충분하게 되어, 마르텐사이트 변태의 체적 팽창에 의한 페라이트 중에서의 가동 전위의 도입이 불충분하게 된다. 그 때문에, DP 강으로서의 특징인 저항복비를 확보할 수 없게 된다. 평균 나노 경도의 비의 하한은 1.7이 더 좋고, 1.9가 더 좋다. 또한, 평균 나노 경도의 비의 상한은 2.8이 더 좋고, 2.5가 더 좋다.

- [0071] 나노 경도관, JIS Z 2255에 규정된 삼각추형 압자를 사용한 초미소 부하 경도이고, 그 측정 하중은 1 mN로 하였다. 나노 경도는 측정 하중에 의하여 변동하는 경우가 있다. 본 발명상의 경우에는 측정 하중은 저온 변태상의 입경과 압흔의 관계로 1 mN가 최적이고, 이 하중으로 측정한 값에 의하여 규정한다. 평균 나노 경도는 최저 30 점 이상의 측정 결과로부터 구하고, 좋기로는 100점 정도가 좋다.
- [0072] 종래의 복합 조직 강에 대하여는 전술한 특허 문헌 6, 특허 문헌 7에 비커스 경도에 의한 경도의 비의 결과가 개시되어 있다. 그러나, 본 발명과 같이, 미세 조직간의 나노 경도의 비가 연신 플랜지 성형성에 미치는 영향에 대해서는 전혀 개시되어 있지 않다. 비커스 경도에서는 압자를 제하한 후에 그 압흔의 사이즈에 의하여 측정되지만, 나노 경도에서는 부하 상태에서의 압자의 침입 깊이로 경도를 구한다. 그 때문에, 비커스 경도의 측정으로 생기는 탄성 회복에 의한 변형을 볼 수 없는 것이 특징이다. 즉, 나노 경도와 비커스 경도는 방법이 명확하게 다르다. 그 때문에, 미세 조직의 복합 조직강에서, 연신 플랜지 성형성에 미치는 페라이트상과 저온 변태상의 나노 경도의 비의 영향이 처음으로 밝혀졌다고 할 수 있다.
- [0073] 이 때, 저온 변태상의 나노 경도 측정점의 80% 이상에서, 그 나노 경도가 페라이트상의 평균 나노 경도의 1 내지 5배의 범위 내이면, 연신 플랜지 성형성이 열화하지 않는 것을 알 수 있었다. 바꾸어 말하면, 저온 변태상의 나노 경도 측정점의 20% 이상에서, 그 나노 경도가 페라이트상의 평균 나노 경도의 5배 초과가 되면, 그 저온 변태상 근방의 페라이트에 도입되는 가동 전위 밀도가 높아져서, 항복 강도의 변동이 커지기 때문이다. 이 때 저온 변태상의 나노 경도 측정점의 80% 이상에서, 그 나노 경도가 페라이트상의 평균 나노 경도의 5배 이하로 하였다. 또한, 저온 변태상의 나노 경도 측정점의 20% 이상이 페라이트상의 평균 나노 경도의 1배 미만인 경우에는 그 저온 변태상 근방에서 마르텐사이트 변태에서의 체적 팽창이 적고, 페라이트 중에 도입되는 가동 전위가 작아진다. 이 경우에 있어서도 항복 강도의 변동이 커진다. 이에, 저온 변태상의 나노 경도의 측정점의 80% 이상에서, 그 나노 경도가 페라이트상의 평균 나노 경도의 1배 이상으로 하였다. 인장 강도를 780 MPa 이상으로 하여 항복 강도의 변동을 작게 하는 경우에는 90% 이상으로 하면 좋다. 좋기로는, 92% 이상으로 하는 것이 좋다. 또한, 저온 변태상의 나노 경도 측정은 적어도 10점 이상, 가능하면 20점 이상으로 실시하는 것이 좋다.
- [0074] 다음으로, 인장 특성의 제한에 대하여 설명한다.
- [0075] 항복비를 0.7 이하로 한 것은 상기 성분과 마이크로 조직이 형성되어 있는 경우에는 DP 강으로 되어 있고, DP 강으로서의 특징인 저항복비를 나타내는 조건이기 때문이다.
- [0076] 동일 성분으로 주조한 10개의 슬라브를, 역소둔 온도역에서 소둔을 실시하는 상기 [2]의 조건으로 용융 아연 도금 강관을 제조하고, 10개의 강관의 항복 강도의 최대값과 최소값의 차이를 항복 강도의 변동이라 정의한다. 상기 [1]의 화학 성분과 마이크로 조직을 사용한 경우에는 이 값은 60 MPa 이하가 되면 좋다.
- [0077] 인장 강도는 상기 [1]에 나타낸 화학 성분과 상기의 마이크로 조직으로 함으로써 780 MPa 이상의 인장 강도를 얻을 수 있다.
- [0078] 용융 아연 도금은 통상의 용융 아연 도금이라도 좋고, 합금화 용융 아연 도금이라도 좋다.
- [0079] 상기 [1]에 나타내는 용융 아연 도금 강관은 그 화학 성분과 마이크로 조직의 특징이 상기 [1]에 나타내는 범위이면 어떠한 제조 방법에 따라 제조되어도 된다. 그러나, 상기 [2]에 나타내는 제조 방법을 사용하면 용이하게 제조가 가능하다. 이제 그 제조 방법에 대하여 설명한다.
- [0080] 먼저, 열간 압연의 조건에 대하여 설명한다.
- [0081] 슬라브 가열 온도는 1000 내지 1350℃로 하였다. 1000℃ 미만에서는 압연 하중이 높아지기 때문에, 마무리 압연까지의 온도 저하에 의하여 규정된 마무리 온도를 확보할 수 없기 때문이다. 또한, 1350℃ 초과인 경우에는 스케일이 다량으로 발생하여 스케일 하자의 원인이 되기 때문이다.
- [0082] 마무리 압연 온도를 Ar3 이상으로 한 것은, 마무리 온도를 이보다 낮은 온도로 하였을 경우에는 압연 중에 변태가 발생하고 압연 하중이 크게 변동하여 미스물의 원인이 되기 때문이다. 또한, 변태가 발생한 부분에서는 입경이 조대하게 되고, 냉연 소둔 후의 마이크로 조직이 불균일하게 되어, 재질 변동의 원인이 되기 때문이다.
- [0083] 권취 온도를 600℃ 이하로 한 것은 이 온도 이하로 함으로써 탄화물 형성 원소인 Ti가 고용 상태인 그대로 잔존하고, 조직 미세화 및 전위 강화에 기여하기 때문이다. 또한, 열연판 강도의 코일 길이 방향의 재질 변동도 작아져서, 냉간 압연시의 판 두께 변동이 작아지는 효과도 있다. 또한, 600℃을 넘는 권취 온도에서는 조대한 탄화물이 생성되고, 소둔 중에 오스테나이트에 탄화물이 녹기 어려워지기 때문에, 나노 경도의 비가 저하하고, 본

발명강의 저항복비를 실현될 수 없게 된다.

- [0084] 냉간 압연의 합계 압연율(이하, 냉간 압연의 합계 압연율을 간단히 압연율이라 한다.)은 30 내지 70%로 하고, 1 패스당 압하율을 30% 이하로 하였다. 압연율이 30% 미만인 경우에는 소둔 후의 조직이 조대하게 되어, 상기 [1]에 나타난 저온 변태상의 입경의 제한을 확보할 수 없기 때문에, 하한을 30%로 하였다. 또한, 압연율이 70% 초과인 경우에는 재결정의 구동력이 커지게 되어 재결정이 촉진되기 때문에, 미세결정 페라이트의 확보가 곤란하게 되어 강도가 저하되므로 상한을 70%로 하였다.
- [0085] 또한, 1 패스당의 압하율이 30%를 초과하는 경우, 강고한 전단띠가 드문드문 생겨서 전단띠 부근의 변형이 커지기 때문에, 강관 내에서의 변형 분포가 불균일하게 된다. 소둔시에는 변형이 높은 영역의 페라이트 입경은 작아지기 때문에, 강관 내부의 조직의 균일성이 저하된다.
- [0086] 또한, 입경이 작은 페라이트는 입자 성장의 구동력이 높기 때문에, 그 크기는 소둔 온도의 영향을 강하게 받아서 제조시의 항복 강도의 변동이 커진다.
- [0087] 이에 1 패스당의 압하율을 30% 이하로 하면, 강고한 전단띠의 생성을 억제할 수 있고, 강관 내의 변형의 축적을 균일하게 하는 것이 가능해진다. 1 패스당의 압하율을 좋기로는 25% 이하, 더 좋기로는 20% 이하, 가장 좋기로는 15% 이하로 함으로써 더욱 변형의 축적을 균일하게 하는 것이 가능해진다.
- [0088] 소둔은 연속 용융 아연 도금 라인에서 실시하는 것이 좋다. 그 때의 온도 제어의 제한에 대하여 설명한다.
- [0089] 가열 속도에 대하여는 적어도 600℃로부터 후술하는 소둔 온도까지의 온도 범위를 평균 가열 속도 0.5 내지 6℃/초, 좋기로는, 0.5 내지 4℃/초로 하면 좋다. 평균 가열 속도는 소둔 온도로부터 600℃을 뺀 값을 600℃로부터 소둔 온도에 이르기까지의 시간으로 나눈 값[=(소둔 온도 - 600℃)/(600℃로부터 소둔 온도까지의 소요 시간)]을 사용한다. 평균 가열 속도가 높은 경우에는 철탄화물의 용해의 시간이 부족하고, 강관 중의 탄소의 분포가 불균일하게 된다. 또한, 페라이트의 재결정도 불충분하게 되기 때문에 강도가 과대하게 되어, 강도 연성 밸런스가 저하된다. 이에 그 상한의 가열 속도를 6℃/초, 좋기로는, 4℃/초로 하였다. 또한, 가열 속도가 0.5℃/초 미만이 된 경우에는 페라이트의 입자 성장이 진행되기 때문에 세립 강화의 효과를 기대할 수 없고, 강도가 부족하며, 또한, 소둔 라인 길이도 과도하게 필요하기 때문에 경제적이지도 않아서 하한을 0.5℃/초로 하였다.
- [0090] 소둔은 소둔 온도 720℃ 이상이고, 또한 850℃ 또는 Ac3 온도 중 낮은 쪽의 온도 이하의 온도 범위, 좋기로는, 740℃ 이상이고, 또한 800℃ 또는 Ac3 온도 중 낮은 쪽의 온도 이하의 온도 범위에서 10초 이상 유지함으로써 소둔을 실시하였다. 소둔 온도가 720℃ 미만인 경우에는 오스테나이트량이 불충분하게 되어 인장 강도가 780 MPa 미만이 되고, 또한 마르텐사이트를 주상으로 하는 저온 변태상의 경도도 높아져서, 상기 [1]의 범위를 만족하지 않는다.
- [0091] 그 때문에, 하한을 720℃로 하였다. 또한, 소둔 온도의 하한을 740℃로 함으로써 충분한 오스테나이트 분율이 확보되고, 강도 연성 밸런스 및 연신 플랜지 성형성이 양호해진다.
- [0092] 한편, 과도한 고온 가열은 비용의 상승을 초래하기 때문에 경제적으로 바람직하지 않을 뿐만 아니라, 고온 통관시의 관 형상이 열악하게 되거나, 롤의 수명을 저하시키는 등, 트러블을 유발하기 때문에, 최고 가열 온도의 상한을 850℃ 또는 Ac3 온도 중 낮은 쪽의 온도로 한다. 또한, 소둔 온도가 850℃ 초과에서는 강관 표면에 생긴 산화물이 하스 롤에 찍힘되어, 그것들이 강관에 눌림 자국을 생기게 하는 피트 자국이 발생하는 경우가 있다. 또한, 본 발명에서는 Ti 첨가에 의하여 Ac3 온도보다 저온에서도 재결정할 수 있기 때문에, Ac3 이상의 온도로 올릴 필요가 없기 때문이다(도 1 참조).
- [0093] 이에 소둔 온도의 상한은 850℃ 또는 Ac3 온도 중 낮은 쪽의 온도로 하는 것이 좋고, 800℃ 또는 Ac3 온도 중 낮은 쪽의 온도로 하는 것이 더 좋다. 이 온도역에서의 열처리 시간은 철탄화물의 용해를 위하여, 10초 이상의 열처리가 필요하다. 이 시간보다 짧은 경우에는 저온 변태상의 경도의 변동이 커질 뿐만 아니라, 그 입경도 과도하게 미세하게 된다. 한편, 열처리 시간이 600초 초과가 되면, 비용의 상승을 초래하기 때문에 경제적으로 바람직하지 않다.
- [0094] 냉각 조건에 대하여는 적어도 소둔 온도로부터 650℃까지의 온도 범위를 냉각 속도 5℃/초 이상, 좋기로는, 7℃/초 이상으로 냉각하고, 적어도 600℃에서 500℃까지의 온도 범위를 냉각 속도 3℃/초 이하, 좋기로는, 2℃/초 이하로 냉각하는 것으로 하였다.
- [0095] 먼저, 소둔 온도로부터 650℃까지의 온도 범위의 냉각 속도를 빨리 함으로써 650℃ 이상에서의 페라이트 변태를 억제한다. 페라이트가 과냉각됨으로써, 페라이트 변태의 핵 생성 사이트가 많아져서 페라이트가 미세화하고, 그

입계에 잔존하는 오스테나이트의 입경도 미세화되는 것으로 추측된다. 이 냉각 속도를 5℃/초 미만으로 하면 고온에서 페라이트 변태가 발생하고, 그 결과로서 상기 [1]에 나타난 저온 변태상의 평균 입경의 제한이 만족되지 않고, 연신 플랜지성이 열화된다. 그 때문에 하한을 5℃/초로 하였다. 이 냉각 속도를 7℃/초로 함으로써 안정적으로 미세화한 저온 변태상을 얻을 수 있으므로, 좋기로는, 7℃/초 이상의 냉각 속도로 하였다.

[0096] 또한, 600℃에서 500℃까지의 온도 범위에 있어서의 냉각 속도를 상대적으로 저속으로 한 것은, 이 온도역에서 생기는 페라이트 변태를 진행시켜 오스테나이트에 농축되는 탄소량을 균일화시키기 때문이다. 이 온도 범위의 평균 냉각 속도가 3℃/초 초과인 경우에는 저온 변태상의 나노 경도의 페라이트의 평균 나노 경도에 대한 비율이 상기 [1]에서 제한하는 범위를 만족하지 않기 때문에, 그 상한을 3℃/초로 하였다. 좋기로는, 2℃/초로 하였을 경우에, 저온 변태상의 나노 경도의 변동은 작아져서 항복 강도의 변동이 작아진다.

[0097] 상기 조건으로 냉각된 후에, 용융 아연 도금 욕을 통과시키고, 가스 와이핑을 통과하여 부착량을 조정한다. 경우에 따라서는 그 후에 합금화로를 통과시키고, 지철을 아연 도금층에 확산시키는 합금화 처리를 행한다. 합금화로의 온도는 라인 속도에 의하여 조정하고, 합금화가 완료되는 온도를 선택하면 되고, 그 온도는 통상은 460 내지 600℃의 범위가 된다. 460℃ 이하의 경우에는 합금화가 느리고 생산성이 나쁘다. 또한, 600℃을 초과하면 페라이트-펄라이트 변태가 발생하여 특성이 악화되기 때문이다.

[0098] 그 후, 스킨 패스 압연 및 텐션 레벨러 등의 형상 교정 공정을 거쳐 제품이 완성된다. 스킨 패스 압연의 압하율은 0.1 내지 1.5%의 범위가 좋다. 0.1% 미만에서는 효과가 작고, 제어도 곤란하기 때문에, 이것이 하한이 된다. 1.5%를 초과하면 생산성이 현저하게 저하하므로 이것을 상한으로 한다. 스킨 패스는 인라인으로 실시하여도 좋고, 오프라인으로 실시하여도 좋다. 또한, 한 번에 목적으로 하는 압하율의 스킨 패스를 실시하여도 좋고, 몇 차례로 나누어서 실시하여도 무방하다. 또한, 트리밍 등을 행하여도 좋다.

[0099] 소둔로의 형식은 NOF-RF 형식이나 올 라디안트 튜브로 형식 등 어느 형식을 사용하여도 좋다. 또한, 도금성을 제어하기 위하여 노점이나 분위기 성분 등을 조정하여도 좋다. 또한, 연속 용융 아연 도금 라인 전에 도금성을 개선할 목적으로 Ni 등의 전기 도금을 실시하여도 좋다. 또한, 도금 후에 내식성 등의 특성을 부여하기 위하여 각종 후처리를 실시하여도 좋다.

[0100] 실시예

[0101] 다음으로, 본 발명을 실시예에 의하여 상세하게 설명한다.

[0102] (실시예 1)

[0103] 표 1에 나타내는 화학 성분을 가진 슬라브로서 부호 A 내지 AQ를, 표 2에 나타내는 슬라브 가열 온도, 마무리 압연 온도에서 열간 압연을 실시하고, 수냉대에서 수랭한 후, 표 2에 나타내는 온도로 권취 처리를 실시하였다. 마무리 압연 온도는 모두 Ar3점 이상이였다. 열연판을 산세한 후, 냉연을 실시하고, 냉연판으로 하였다. 열연판 두께, 냉연율 및 냉연판 두께를 표 2에 나타낸다.

[0104] 그 후, 연속 합금화 용융 아연 도금 설비로, 열처리와 용융 아연 도금 처리를 실시하였다. 용융 아연 도금을 실시하는 강관에 대해서는 표 2에 나타내는 600℃로부터 소둔 온도까지의 평균 가열 속도, 소둔 온도와 유지 시간, 소둔 온도로부터 650℃까지의 평균 냉각 속도, 600℃에서 500℃까지의 평균 냉각 속도로 통관하였다. 아연 도금 욕에 통관한 후에 실온까지 10℃/초의 냉각 속도로 실온까지 냉각한 후, 0.3%의 압하율로 스킨 패스 압연을 실시하였다.

[0105] 또한, 동일 조건으로 제조한 냉연 강관을 동일 조건으로 소둔하여 아연 도금 욕에 통관한 후 합금화로에 통관함으로써 합금화 처리를 실시하였다. 합금화 처리 온도는 라인 속도에 따라 460℃ 내지 600℃의 범위의 온도를 선택하였다. 합금화 처리 후, 실온까지 10℃/초의 냉각 속도로 실온까지 냉각한 후, 0.3%의 압하율로 스킨 패스 압연을 실시하였다. 부착량은 양면 모두 약 50 g/m²로 하였다.

[0106] 얻은 용융 아연 도금 강관에 대하여, 인장 시험을 실시하고, YS(항복 강도), TS(인장 강도), EI(연신율)를 측정하였다. 또한, 항복 강도는 0.2% 오프셋법에 의하여 측정하였다. 인장 시험은 1.4 mm 두께의 판으로부터 압연 방향에 직각인 방향으로 JIS5호 시험편을 채취하고, 인장 특성을 평가하였다. 이 측정값들로부터 이하의 각 특성에 대하여 평가하고, 그 결과를 표 2에 나타낸다.

[0107] [인장 강도 (응력) (TS)]

[0108] 인장 강도는 780 MPa 이상의 경우에는 ○, 780 MPa 미만인 경우에는 ×로 하여 표 2에 나타내었다.

- [0109] [항복비]
- [0110] 항복비는 0.7 이하인 경우를 ○, 0.7을 초과하는 경우를 ×로 하여 표 2에 나타내었다. 0.7 이상이면 좋다.
- [0111] [강도 연성 밸런스]
- [0112] 강도 연성 밸런스($TS \times EI$ [MPa·%])를 구하여, 프레스 성형성의 지표로 하고, 표 2에 나타내었다. 이하에 범례를 나타낸다. 14000 이상이면 좋다.
- [0113] ◎ : 16000 이상,
- [0114] ○ : 15000 이상, 16000 미만,
- [0115] △ : 14000 이상, 15000 미만,
- [0116] × : 14000 미만.
- [0117] [항복 강도의 변동]
- [0118] 다음으로, 항복 강도의 변동을 평가하기 위하여, 소둔 온도를 변화시켜, 용융 아연 도금 강판과 합금화 용융 아연 도금 강판을 제조하였다. 즉, 동일 성분으로 주조한 슬라브를 동일 열연 조건, 냉연 조건으로 원판을 작성하고, 소둔 공정에서는 가열과 냉각 조건은 동일하게 하고, 소둔 온도를 720 내지 800℃의 범위로 변동시키고, 도금 욕을 통관 후에 실온까지 10℃/초의 냉각 속도로 실온까지 냉각한 후, 0.3%의 압하율로 스킨 패스 압연을 실시하는 경우와, 합금화 처리를 하고 나서 실온까지 10℃/초의 냉각 속도로 실온까지 냉각한 후, 0.3%의 압하율로 스킨 패스 압연을 실시하는 경우의 쌍방에 대하여 시험하였다. 이 강판들의 인장 특성을 평가하였다. 그 때, 720 내지 730℃, 730 내지 740℃, 740 내지 750℃, 750℃ 내지 760℃, 760℃ 내지 770℃, 770℃ 내지 780℃, 780℃ 내지 790℃, 790℃ 내지 800℃의 각각의 범위에 대해 2점 이상 측정하였다. 좋기로는, 3점 이상의 측정 데이터가 있으면 좋다. 본 실시예에서는 복수의 코일을 사용하여 각각 소둔 온도를 변화시켜 측정하였다. 1개의 코일을 사용하여 소둔 온도를 변화시켜 측정하여도 좋다. 항복 강도의 변동의 범례를 이하에 나타낸다. 60 MPa 이하이면 좋다.
- [0119] ◎ : 소둔 온도의 범위를 720 내지 800℃로 하였을 경우의 항복 강도의 최대값과 최소값의 차가 40 MPa 이하,
- [0120] ○ : 소둔 온도의 범위를 720 내지 800℃로 하였을 경우의 항복 강도의 최대값과 최소값의 차가 40 MPa를 초과하여 60 MPa 이하,
- [0121] × : 소둔 온도의 범위를 720 내지 800℃로 하였을 경우의 항복 강도의 최대값과 최소값의 차가 60 MPa를 초과하는 경우.
- [0122] 이 결과를 표 2에 나타낸다.
- [0123] [저온 변태상의 평균 입경]
- [0124] 마이크로 조직은 판 두께 단면을 연마 한 후, 레벨러법에 의하여 부식을 실시하고, 1000배의 배율로 금속 현미경으로 관찰하였다. 레벨러 부식에서는 연질인 페라이트상이 착색되고, 경질인 저온 변태상이 백색인 그대로 잔존한다. 이에 의하여 페라이트상의 분율 및 저온 변태상의 평균 입경을 구하였다. 평균 입경은 길이 1.5 μ m의 정방형의 그리드를 사용하여 포인트 카운트에 의하여 저온 변태상의 면적률을 구하였다. 이 조직 사진과 그리드들도 표 2에 나타낸다. 카운트한 포인트의 수는 200점이다. 또한, 포인트 카운트로 면적률을 구한 영역에 포함되는 저온 변태상의 개수를 세고, 면적률과 개수로부터 결정립을 원형으로 하였을 경우의 평균직경을 계산하였다. 이 결과를 표 2에 나타내었다.
- [0125] [강도-구멍 확장 밸런스]
- [0126] 강도-구멍 확장 밸런스는 연신 플랜지 성형성으로 평가하였다. 연신 플랜지 성형성에 대하여는 철강 연맹 규격 JFST1001-1996에 나타나는 구멍 확장 시험에 의하여 구멍 확장 값 λ 를 사용하여 평가하였다. 이 경우에도 강도-구멍 확장 값 밸런스($TS \times \lambda$ [MPa·%])를 구하고, 연신 플랜지 성형성의 지표로 하고, 결과를 표 2에 나타내었다. 이하에 범례를 나타낸다. 20000 이상이면 좋다.
- [0127] ◎ : 24000 이상,
- [0128] ○ : 22000 이상, 24000 미만,

- [0129] △ : 20000 이상, 22000 미만,
- [0130] × : 20000 미만.
- [0131] [나노 경도의 변동]
- [0132] 나노 경도는 JIS Z 2255에 규정된 초미소 부하 경도 방법에 따라 측정하고, 그 측정 하중은 1 mN로 하였다. 평균 나노 경도는 100점의 측정을 행하였다. 페라이트 경도, 저온 변태상 경도 모두 강관을 절단하고 그 판 두께 단면을 연마한 후, 전해 부식을 행함으로써 마이크로 조직을 출현시켜, SPM상의 관찰로부터 페라이트상과 저온 변태상을 판별하여 나노 경도를 측정하였다. 저온 변태상의 나노 경도의 변동에 대하여는 저온 변태상이 페라이트상의 평균 경도의 1 내지 5배의 범위에 포함되는 비율에 의하여 판정하고, 그 결과를 표 2에 나타내었다. 범례를 이하에 나타낸다. 80% 이상이면 좋다.
- [0133] ◎ : 100%,
- [0134] ○ : 90% 이상 100% 미만,
- [0135] △ : 80% 이상 90% 미만,
- [0136] × : 80% 미만.
- [0137] [스폿 용접성]
- [0138] 스폿 용접성은 다음의 조건으로 평가하였다. 전극(둥형) : 선단 지름 6 mmφ, 가압력 4.3 kN, 용접 전류 : 플래시 발생 직전의 전류 (CE) kA 및 (CE+1.5) kA, 용접 시간 : 15 사이클, 유지 시간 : 10 사이클. 용접 후, JIS Z 3137에 따라서, 십자 인장 시험을 실시하였다. 용접 전류를 (CE) kA로 하는 용접을 10회 실시하고, 그 중의 최저값을 CTS(CE)로 하였다. 이것에 대하여, 용접 전류를 플래시 발생 영역인 (CE+1.5) kA로 하는 용접을 10회 실시하였을 때의 CTS의 최저값을 CTS(CE+1.5)로 하였다. 이 값들의 비 (=CTS(CE+1.5)/CTS(CE))에 의하여 이하와 같이 평가하였다. 0.7 이상이면 좋다.
- [0139] ○ : 0.8 이상
- [0140] △ : 0.7 이상 0.8 미만
- [0141] × : 0.7 미만
- [0142] [도금성] [합금화 반응성]
- [0143] 도금성, 합금화 반응은 각각 아래와 같이 평가하였다. 도금성을 나타내는 범례를 아래와 같이 나타낸다.
- [0144] ○ : 도금되지 않은 부분 없음,
- [0145] △ : 도금되지 않은 부분 약간 있음,
- [0146] × : 도금되지 않은 부분 다수 있음.
- [0147] 합금화 반응성을 나타내는 범례를 아래와 같이 나타낸다.
- [0148] ○ : 표면 외관에 합금화 얼룩 있음,
- [0149] △ : 표면 외관에 합금화 얼룩 약간 있음,
- [0150] × : 표면 외관에 합금화 얼룩 많음.
- [0151] 상기 결과를 표 2에 나타내었다. 모두 ×가 아니면 문제는 없다.
- [0152] 결과를 정리한 표 2로부터, 본 발명의 강관은 모두 성형성, 용접성, 도금성이 우수하고, 재질 변동이 작은 것을 알 수 있다.
- [0153] (실시예 2)
- [0154] 표 1에 나타내는 화학 성분을 가진 슬라브로서 부호 AR 내지 BA를, 실시예 1과 마찬가지로 표 2에 나타내는 제조 조건으로 합금화 용융 아연 도금 강관을 제조하였다. 또한, 열간 압연시의 마무리 온도는 모두 Ar3점 이상이였다. 이 실험에 의하여 아연 도금의 합금화에 미치는 Sn 첨가의 영향을 검토하였다.
- [0155] 평가 방법으로서, 연속 용융 아연 도금 라인을 사용하여, 표 2에 나타내는 소둔 조건으로 통관한 후, 아연 도

금 욱을 통관하고, 합금화가 충분히 생기는 최저 온도를 Sn 첨가가 되어 있지 않은 실험 번호 44, 49에 의하여 구하였다. 그 후, 실험 번호 45 내지 48, 50 내지 53을 실시하고, 합금화가 충분히 생기는 최저 온도를 탐색하여, 실험 번호 44, 49에서 구한 최저 온도와의 차이를 구하였다.

[0156] 그 결과를 표 2에 함께 나타낸다. 이보다 Sn 첨가에 의하여 합금화가 촉진되는 것을 알 수 있다. 다만, Sn의 첨가량을 제한 이상으로 한 실험 번호 48, 53에서는 열연판에 하자가 발생하였다. 또한, 실시예 1에서 행한 그 밖의 평가도 실시하여, 표 2에 나타내었다. 이들로부터 본 발명의 강판은 모두 성형성, 용접성, 도금성이 우수하고 재질 변동이 작은 것을 알 수 있다.

[0157] (실시예 3)

[0158] 표 1에 나타내는 화학 성분을 가진 슬라브로서 부호 A, C, H를 이용하고, 실시예 1과 마찬가지로 표 2에 나타내는 제조 조건으로 용융 아연 도금 강판 및 합금화 용융 아연 도금 강판을 제조하고, 실시예 1과 동일한 평가를 실시하였다. 또한, 열간 압연시의 마무리 온도는 모두 Ar3점 이상이였다. 이 실험에 의하여 강판의 제조 조건의 영향을 검토하였다. 평가 결과를 표 2에 나타낸다. 이로부터 본 발명의 강판은 모두 성형성, 용접성, 도금성이 우수하고 재질 변동이 작은 것을 알 수 있다.

표 1

강종	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Cr	N	Nb	V	W	Mo	Zr	B	Sn	구분
A	0.032	0.44	2.21	0.012	0.002	0.03	0.025	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0013	비교예
B	0.061	0.44	2.21	0.012	0.002	0.03	0.025	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0013	실시예
C	0.078	0.44	2.21	0.012	0.002	0.03	0.025	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0013	실시예
D	0.093	0.44	2.21	0.012	0.002	0.03	0.025	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0013	실시예
E	0.123	0.44	2.21	0.012	0.002	0.03	0.025	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0013	비교예
F	0.154	0.44	2.21	0.012	0.002	0.03	0.025	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0013	비교예
G	0.079	0.08	2.18	0.014	0.003	0.03	0.023	0.53	0.0038	0.0001	0.0001		0.0001	0.0001	0.00003	0.0012	비교예
H	0.079	0.25	2.18	0.014	0.003	0.03	0.023	0.53	0.0038	0.0001	0.0001		0.0001	0.0001	0.00003	0.0012	실시예
I	0.078	0.45	2.18	0.014	0.003	0.03	0.023	0.53	0.0038	0.0001	0.0001		0.0001	0.0001	0.00003	0.0012	실시예
J	0.081	0.54	2.18	0.014	0.003	0.03	0.023	0.53	0.0038	0.0001	0.0001		0.0001	0.0001	0.00003	0.0004	비교예
K	0.08	0.82	2.18	0.014	0.003	0.03	0.023	0.53	0.0038	0.0001	0.0001		0.0001	0.0001	0.00003	0.0012	실시예
L	0.079	1.25	2.18	0.014	0.003	0.03	0.023	0.53	0.0038	0.0001	0.0001		0.0001	0.0001	0.00003	0.0012	비교예
M	0.085	0.48	1.8	0.01	0.002	0.04	0.028	0.55	0.0031	0.0002	0.0002		0.0001	0.0001	0.00003	0.0012	비교예
N	0.085	0.48	2.2	0.01	0.002	0.04	0.028	0.55	0.0031	0.0002	0.0002		0.0001	0.0001	0.00003	0.0012	실시예
O	0.084	0.48	2.3	0.01	0.002	0.04	0.028	0.55	0.0031	0.0002	0.0002		0.0001	0.0001	0.00003	0.0012	실시예
P	0.085	0.48	2.8	0.01	0.002	0.04	0.028	0.55	0.0031	0.0002	0.0002		0.0001	0.0001	0.00003	0.0012	비교예
Q	0.076	0.43	2.22	0.013	0.003	0.04	0.008	0.48	0.0028	0.0001	0.0001		0.0002		0.00003	0.0012	비교예
R	0.077	0.43	2.22	0.013	0.003	0.04	0.018	0.48	0.0028	0.0001	0.0001		0.0002		0.00003	0.0012	실시예
S	0.078	0.43	2.22	0.013	0.003	0.04	0.021	0.48	0.0028	0.0001	0.0001		0.0002		0.00003	0.0012	실시예
T	0.077	0.43	2.22	0.013	0.003	0.04	0.028	0.48	0.0028	0.0001	0.0001		0.0002		0.00003	0.0012	실시예
U	0.076	0.43	2.22	0.013	0.003	0.04	0.042	0.48	0.0028	0.0001	0.0001		0.0002		0.00003	0.0012	실시예
V	0.078	0.43	2.22	0.013	0.003	0.04	0.068	0.48	0.0028	0.0001	0.0001		0.0002		0.00003	0.0012	비교예
W	0.083	0.47	2.1	0.005	0.002	0.04	0.024	0.52	0.0033		0.0003		0.0002		0.00003	0.0011	실시예
X	0.082	0.47	2.1	0.012	0.002	0.04	0.024	0.52	0.0033		0.0003		0.0002		0.00003	0.0003	비교예
Y	0.083	0.47	2.1	0.021	0.002	0.04	0.024	0.52	0.0033		0.0003		0.0002		0.00003	0.0011	실시예
Z	0.084	0.47	2.1	0.035	0.002	0.04	0.024	0.52	0.0033		0.0003		0.0002		0.00003	0.0011	비교예

강종	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Cr	N	Nb	V	W	Mo	Zr	B	Sn	구분
AA	0.074	0.44	2.18	0.011	0.002	0.04	0.025	0.52	0.0038	0.0003		0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	실시예
AB	0.074	0.44	2.18	0.011	0.008	0.04	0.025	0.52	0.0038	0.0003		0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	실시예
AC	0.074	0.44	2.18	0.011	0.015	0.04	0.025	0.52	0.0038	0.0003		0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	비교예
AD	0.081	0.48	2.23	0.012	0.002	0.04	0.028	0.08	0.0038	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	비교예
AE	0.081	0.48	2.23	0.012	0.002	0.04	0.028	0.15	0.0038	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	실시예
AF	0.081	0.48	2.23	0.012	0.002	0.04	0.028	0.45	0.0038	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	실시예
AG	0.081	0.48	2.23	0.012	0.002	0.04	0.028	0.73	0.0038	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	실시예
AH	0.081	0.48	2.23	0.012	0.002	0.04	0.028	1.32	0.0038	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	비교예
AI	0.081	0.42	2.23	0.014	0.002	0.04	0.027	0.48	0.0025	0.0005	0.0003	0.0002	0.0003	0.0001	0.00003	0.0011	비교예
AJ	0.081	0.42	2.23	0.014	0.002	0.04	0.027	0.48	0.0025	0.013	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	비교예
AK	0.081	0.42	2.23	0.014	0.002	0.04	0.027	0.48	0.0025	0.0023	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	비교예
AL	0.079	0.42	2.23	0.014	0.002	0.04	0.027	0.48	0.0025	0.0002	0.0032	0.0002	0.0045	0.0002	0.00003	0.0011	비교예
AM	0.093	0.42	2.23	0.014	0.002	0.04	0.027	0.48	0.0025	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	0.0032	0.00003	0.0011	비교예
AN	0.089	0.42	2.23	0.014	0.002	0.04	0.027	0.48	0.0025	0.0002	0.0003	0.0034	0.0003	0.0032	0.00003	0.0011	비교예
AO	0.077	0.42	2.23	0.014	0.002	0.04	0.027	0.48	0.0025	0.021	0.032	0.0002	0.0003	0.0002	0.00003	0.0011	비교예
AP	0.078	0.45	2.18	0.014	0.002	0.04	0.027	0.48	0.0025	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	0.0005	0.0011	비교예
AQ	0.081	0.45	2.19	0.014	0.002	0.04	0.027	0.48	0.0025	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	0.0015	0.0011	비교예
AR	0.078	0.25	2.3	0.012	0.002	0.03	0.035	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0013	실시예
AS	0.078	0.25	2.3	0.012	0.002	0.03	0.035	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.028	실시예
AT	0.078	0.25	2.3	0.012	0.002	0.03	0.035	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0081	실시예
AU	0.078	0.25	2.3	0.012	0.002	0.03	0.035	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.025	실시예
AV	0.082	0.25	2.3	0.012	0.002	0.04	0.035	0.5	0.0033		0.0001		0.0001	0.0002	0.00003	0.153	비교예
AW	0.078	0.44	2.21	0.012	0.002	0.03	0.025	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0015	실시예
AX	0.078	0.44	2.21	0.012	0.002	0.03	0.025	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0024	실시예
AY	0.078	0.44	2.21	0.012	0.002	0.03	0.025	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.0078	실시예
AZ	0.078	0.44	2.21	0.012	0.002	0.03	0.025	0.49	0.0025	0.0002	0.0003		0.0004	0.0002	0.00003	0.023	실시예
BA	0.082	0.44	2.2	0.012	0.002	0.04	0.024	0.5	0.0033		0.0001		0.0001	0.0002	0.00003	0.132	비교예

표 2

실 험 번 호	강 종 구 분 (표1)	출 력 가 열 온 도 (°C)	마 무 리 온 도 (°C)	권 취 온 도 (°C)	열 연 관 두 께 (mm)	년 연 용 Total (%)	1 패 스 제 의 년 연 용 (%)	2 패 스 제 의 년 연 용 (%)	3 패 스 제 의 년 연 용 (%)	4 패 스 제 의 년 연 용 (%)	5 패 스 제 의 년 연 용 (%)	년 연 관 두 께 (mm)	600°C 로 부 터 소 동 온 도 까 지 의 가 열 속 도 (°C/s)	소 동 온 도 (°C)	Ac3 온 도 (°C)	유 지 시 간 (s)	소 동 온 도 로 부 터 650°C 까 지 의 냉 각 속 도 (°C/s)
1	A 비 교 예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	864	120	11.0
2	B 실 시 예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	780	850	120	11.0
3	C 실 시 예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	780	843	120	11.0
4	D 실 시 예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	838	120	11.0
5	E 비 교 예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	780	829	120	11.0
6	F 비 교 예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	820	120	11.0
7	G 비 교 예	1150	880	520	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	775	828	120	11.0
8	H 실 시 예	1150	880	520	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	775	835	120	11.0
9	I 실 시 예	1150	880	520	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	775	845	120	11.0
10	J 비 교 예	1150	880	520	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	775	848	120	11.0
11	K 비 교 예	1150	880	520	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	850	860	120	11.0
12	L 비 교 예	1150	880	520	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	775	880	120	11.0
13	M 비 교 예	1200	900	570	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	760	854	120	11.0
14	N 실 시 예	1200	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	760	846	120	11.0
15	O 실 시 예	1200	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	760	844	120	11.0
16	P 비 교 예	1200	900	570	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	760	834	120	11.0
17	Q 비 교 예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	780	844	120	11.0
18	R 실 시 예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
19	S 실 시 예	1250	900	570	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
20	T 실 시 예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
21	U 실 시 예	1250	900	570	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	844	120	11.0
22	V 비 교 예	1250	900	570	2.8	50.0	50.0					1.4	1.9	780	843	120	11.0
23	W 실 시 예	1100	880	500	4.0	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	2.0	1.5	770	848	145	7.6
24	X 비 교 예	1100	880	500	4.0	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	2.0	1.5	770	848	145	7.6
25	Y 실 시 예	1100	880	500	4.0	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		2.0	1.5	770	848	145	7.6
26	Z 비 교 예	1100	880	500	4.0	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	2.0	1.5	770	847	145	7.6
27	AA 실 시 예	1200	880	500	4.0	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	2.0	1.5	770	848	145	7.6
28	AB 실 시 예	1200	880	500	4.0	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	2.0	1.5	770	848	145	7.6

실험 번호	강 중	강중 구분 (표1)	슬라브 가열 온도 (°C)	마무리 온도 (°C)	권취 온도 (°C)	열연 판두께 (mm)	냉연율 Total (%)	1 패스 재의 냉연율 (%)	2 패스 재의 냉연율 (%)	3 패스 재의 냉연율 (%)	4 패스 재의 냉연율 (%)	5 패스 재의 냉연율 (%)	냉연 판 두께 (mm)	600°C로 부터 소둔 온도까지의 가열 속도 (°C/s)	소둔 온도 (°C)	A _{c3} 온도	유지 시간 (s)	소둔 온도로 부터 650°C 까지의 냉각 속도 (°C/s)
29	AC	비교예	1200	880	500	4.0	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	2.0	1.5	770	848	145	7.6
30	AD	비교예	1150	880	550	4.0	50.0	50.0					2.0	1.5	770	837	145	7.6
31	AE	실시예	1150	880	550	4.0	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	2.0	1.5	770	839	145	7.6
32	AF	실시예	1150	880	550	4.0	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	2.0	1.5	770	845	145	7.6
33	AG	실시예	1150	880	550	4.0	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	2.0	1.5	770	850	145	7.6
34	AH	비교예	1150	880	550	4.0	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	2.0	1.5	770	862	145	7.6
35	AI	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	50.0					1.2	2.1	760	842	105	13.0
36	AJ	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	50.0					1.2	2.1	760	842	105	13.0
37	AK	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	50.0					1.2	2.1	760	842	105	13.0
38	AL	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	50.0					1.2	2.1	760	843	105	13.0
39	AM	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	50.0					1.2	2.1	760	838	105	13.0
40	AN	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	50.0					1.2	2.1	760	839	105	13.0
41	AO	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	50.0					1.2	2.1	760	846	105	13.0
42	AP	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	50.0					1.2	2.1	760	845	105	13.0
43	AQ	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	50.0					1.2	2.1	760	844	105	13.0
44	AR	실시예	1200	900	550	2.4	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	10.0	1.2	2.1	760	833	105	13.0
45	AS	실시예	1200	900	550	2.4	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.2	2.1	760	833	105	13.0
46	AT	실시예	1200	900	550	2.4	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.2	2.1	760	833	105	13.0
47	AU	실시예	1200	900	550	2.4	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	10.0	1.2	2.1	760	833	105	13.0
48	AV	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.2	2.1	760	832	105	13.0
49	AW	실시예	1200	900	550	2.4	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.2	2.1	760	843	105	13.0
50	AX	실시예	1200	900	550	2.4	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.2	2.1	760	843	105	13.0
51	AY	실시예	1200	900	550	2.4	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.2	2.1	760	843	105	13.0
52	AZ	실시예	1200	900	550	2.4	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	10.0	1.2	2.1	760	843	105	13.0
53	BA	비교예	1200	900	550	2.4	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.2	2.1	760	843	105	13.0
54	C	실시예	1250	900	680	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	780	843	120	11.0
55	C	실시예	1250	900	630	2.8	50.0	26.0	24.0	11.0			1.4	1.9	780	843	120	11.0
56	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
57	C	실시예	1250	900	550	1.8	20.0	11.1	10.0				1.4	1.9	780	843	120	11.0

실 험 번 호	강 종 구 분 (표1)	슬라브 가열 온도 (°C)	마무리 온도 (°C)	권취 온도 (°C)	열연 판 두께 (mm)	냉연율 Total (%)	1 패스 계의 냉연율 (%)	2 패스 계의 냉연율 (%)	3 패스 계의 냉연율 (%)	4 패스 계의 냉연율 (%)	5 패스 계의 냉연율 (%)	냉연 판 두께 (mm)	600°C로 부터 소둔 온도까지의 가열 속도 (°C/s)	소둔 온도 (°C)	A _{c3} 온도	유지 시간 (s)	소둔 온도도 부터 650°C 냉각 속도 (°C/s)
58	C	실시예	1250	900	550	2.4	41.0	17.0	16.9	14.5		1.4	1.9	780	843	120	11.0
59	C	실시예	1250	900	550	4.0	65.0	21.0	20.0	20.0	18.5	1.4	1.9	780	843	120	11.0
60	C	실시예	1250	900	550	4.0	80.0	44.0	43.0	37.5		0.8	3.9	780	843	60	19.0
61	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	0.3	780	843	120	11.0
62	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
63	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	1.4	3.5	780	843	120	11.0
64	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	1.4	5.2	780	843	120	11.0
65	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	7.1	780	843	120	11.0
66	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0	1.4	1.9	710	843	120	11.0
67	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	720	843	120	11.0
68	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	1.4	1.9	745	843	120	11.0
69	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
70	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	1.4	1.9	795	843	120	11.0
71	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	1.4	1.9	830	843	120	11.0
72	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	862	843	120	11.0
73	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	50.0				1.4	1.9	780	843	5	11.0
74	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0	1.4	1.9	780	843	25	11.0
75	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	1.4	1.9	780	843	120	11.0
76	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	1.4	1.9	780	843	300	11.0
77	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	50.0				1.4	1.9	780	843	120	3.2
78	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	1.4	1.9	780	843	120	5.8
79	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0	1.4	1.9	780	843	120	8.2
80	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	1.4	1.9	780	843	120	11.0
81	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	1.4	1.9	780	843	120	23.0
82	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	50.0				1.4	1.9	780	843	120	11.0
83	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
84	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	1.4	1.9	780	843	120	11.0
85	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
86	C	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	1.4	1.9	780	843	120	11.0

실 험 번 호	강 종 구 분 (표1)	슬러브 가열 온도 (°C)	마무리 온도 (°C)	권취 온도 (°C)	열연 판 두께 (mm)	냉연율 Total (%)	1 패스 냉연율 (%)	2 패스 냉연율 (%)	3 패스 냉연율 (%)	4 패스 냉연율 (%)	5 패스 냉연율 (%)	냉연 판 두께 (mm)	600°C로 부피 소둔 온도까지의 가열 속도 (°C/s)	소둔 온도 (°C)	Ac3 온도	유지 시간 (s)	소둔 온도로 부터 650°C 까지의 냉각 속도 (°C/s)
87	H	실시예	880	680	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	780	835	120	11.0
88	H	실시예	880	630	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	835	120	11.0
89	H	실시예	880	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	835	10	11.0
90	H	실시예	880	550	1.8	20.0	11.0	10.0				1.4	1.9	780	835	120	11.0
91	H	실시예	880	550	2.4	41.0	24.0	22.4				1.4	1.9	780	835	120	11.0
92	H	실시예	880	550	4.0	65.0	25.0	24.0	24.0	19.0		1.4	1.9	780	835	120	11.0
93	H	실시예	880	550	4.0	80.0	35.0	35.0	25.0	21.0	20.0	0.8	3.9	780	835	60	19.0
94	H	실시예	880	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	0.3	780	835	120	11.0
95	H	실시예	880	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	780	835	120	11.0
96	H	실시예	880	550	2.8	70.0	24.0	22.0	21.0	20.0	20.0	0.84	3.5	780	835	120	11.0
97	H	실시예	880	550	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	5.2	780	835	120	11.0
98	H	실시예	880	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	7.1	780	835	120	11.0
99	H	실시예	880	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	710	835	120	11.0
100	H	실시예	880	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	720	835	120	11.0
101	H	실시예	880	550	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	745	835	120	11.0
102	H	실시예	880	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	835	120	11.0
103	H	실시예	880	550	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	795	835	120	11.0
104	H	실시예	880	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	830	835	120	11.0
105	H	실시예	880	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	862	835	120	11.0
106	H	실시예	880	550	2.8	50.0	50.0					1.4	1.9	780	835	5	11.0
107	H	실시예	880	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	835	25	11.0
108	H	실시예	880	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	835	120	11.0
109	H	실시예	880	550	2.8	50.0	50.0					1.4	1.9	780	835	300	11.0
110	H	실시예	880	550	2.8	50.0	50.0					1.4	1.9	780	835	120	3.2
111	H	실시예	880	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	835	120	5.8
112	H	실시예	880	550	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	780	835	120	8.2
113	H	실시예	880	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	780	835	120	11.0
114	H	실시예	880	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	835	120	23.0
115	H	실시예	880	550	2.8	50.0	50.0					1.4	1.9	780	835	120	11.0

시험 번호	강 종	강종 구분 (표1)	슬랩 가열 온도 (°C)	마무리 온도 (°C)	권취 온도 (°C)	열연 판 두께 (mm)	냉연 Total (%)	1 패스 재의 냉연율 (%)	2 패스 재의 냉연율 (%)	3 패스 재의 냉연율 (%)	4 패스 재의 냉연율 (%)	5 패스 재의 냉연율 (%)	냉연 판 두께 (mm)	600°C로 부터 소둔 온도까지의 가열 속도 (°C/s)	소둔 온도 (°C)	Ac3 온도	유지 시간 (s)	소둔 온도로 부터 650°C 까지의 냉각 속도 (°C/s)
116	H	실시예	1150	880	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	835	120	11.0
117	H	실시예	1150	880	550	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	780	835	120	11.0
118	H	실시예	1150	880	550	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	835	120	11.0
119	H	실시예	1150	880	550	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	780	835	120	11.0
120	R	실시예	1250	900	680	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
121	R	실시예	1250	900	630	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	780	843	120	11.0
122	R	실시예	1250	900	550	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
123	R	실시예	1250	900	570	1.8	20.0	8.0	7.0	6.5			1.4	1.9	780	843	120	11.0
124	R	실시예	1250	900	570	2.4	41.0	17.0	16.0	8.0	8.0		1.4	1.9	780	843	120	11.0
125	R	실시예	1250	900	570	4.0	65.0	24.0	24.0	16.0	16.0	14.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
126	R	실시예	1250	900	570	4.0	80.0	29.0	28.0	28.0	28.0	24.5	0.8	3.9	780	843	60	19.0
127	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	0.3	780	843	120	11.0
128	R	실시예	1350	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
129	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	3.5	780	843	120	11.0
130	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	5.2	780	843	120	11.0
131	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	7.1	780	843	120	11.0
132	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	710	843	120	11.0
133	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	720	843	120	11.0
134	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	745	843	120	11.0
135	R	실시예	1100	900	570	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
136	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	795	843	120	11.0
137	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	830	843	120	11.0
138	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0		15.0	1.4	1.9	862	843	120	11.0
139	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	50.0	13.5	11.0			1.4	1.9	780	843	5	11.0
140	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	843	25	11.0
141	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	780	843	10	11.0
142	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	843	300	11.0
143	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	50.0					1.4	1.9	780	843	120	3.2
144	R	실시예	1250	900	570	2.8	50.0	20.0	15.0	14.5	14.0		1.4	1.9	780	843	120	5.8

실험 번호	강 종	강 종 구분 (표1)	슬립 가열 온도 (°C)	마무리 온도 (°C)	권취 온도 (°C)	열연 판 두께 (mm)	년연 용 Total (%)	1 패스 제의 년연율 (%)	2 패스 제의 년연율 (%)	3 패스 제의 년연율 (%)	4 패스 제의 년연율 (%)	5 패스 제의 년연율 (%)	년연 판 두께 (mm)	600°C로 부터 소둔 온도까지의 가열 속도 (°C/s)	소둔 온도 (°C)	AC3 온도	유지 시간 (s)	소둔 온도로 부터 650°C 까지의 냉각 속도 (°C/s)
145	R	실시에	1250	900	570	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	843	120	8.2
146	R	실시에	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
147	R	실시에	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	13.5	11.0	10.0	15.0	1.4	1.9	780	843	120	23.0
148	R	실시에	1250	900	570	2.8	50.0	50.0					1.4	1.9	780	843	120	11.0
149	R	실시에	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
150	R	실시에	1250	900	570	2.8	50.0	20.0	12.8	11.0	10.5	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0
151	R	실시에	1250	900	570	2.8	30.0	14.0	10.0	9.5			2.0	1.9	780	843	120	11.0
152	R	실시에	1250	900	570	2.8	50.0	15.0	15.0	13.5	11.0	10.0	1.4	1.9	780	843	120	11.0

[0166]

시험 번호	간 종	600℃로 부터 500℃ 까지의 변각 속도 (℃/s)	소든파의 α입결 (μm)	페라이트 성분율 (%)	저온 변태상의 평균 입경 (μm)	나노 경도의 비	나노 경도의 변동	영벽비	인장 강도	강도 인장성 비연신	강도 구멍 확장성 비연신	스프링 점성	도금 침윤성	합금화	형변 응력의 변동	비고	구분
1	A	1.0	16	73	1.13	1.2	X	X	X	X	X	O	O	O	◎		비교예
2	B	1.0	16	72	0.45	2.3	O	O	O	O	O	O	O	O	◎		실시예
3	C	1.0	16	73	0.52	2.1	◎	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
4	D	1.0	16	74	0.52	2.2	◎	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
5	E	1.0	16	71	0.57	2.1	O	O	O	◎	O	X	O	O	◎		비교예
6	F	1.0	16	73	0.70	2.3	O	O	O	◎	O	X	O	O	◎		비교예
7	G	1.0	14	76	1.32	1.2	X	X	X	X	X	O	O	O	◎		비교예
8	H	1.0	14	77	0.42	2.8	◎	O	O	△	O	O	O	O	◎		실시예
9	I	1.0	13	77	0.67	2.2	◎	O	O	◎	O	O	O	O	◎		실시예
10	J	1.0	13	76	0.66	2.3	△	O	O	◎	◎	O	O	X	◎		비교예
11	K	1.0	12	73	0.67	2.3	△	O	O	◎	△	O	O	O	◎		실시예
12	L	1.0	11	77	0.72	1.9	△	O	O	◎	◎	O	X	O	◎		비교예
13	M	1.0	16	85	1.13	0.8	X	X	X	X	X	O	O	O	◎		비교예
14	N	1.0	16	86	0.52	1.9	O	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
15	O	1.0	16	88	0.55	2.0	◎	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
16	P	1.0	16	86	1.17	1.9	O	O	O	O	X	O	O	O	◎		비교예
17	Q	1.0	18	68	0.41	4.2	X	O	X	X	X	O	O	O	X		비교예
18	R	1.0	18	75	0.61	2.8	△	O	O	O	O	O	O	O	◎		실시예
19	S	1.0	18	72	0.61	2.3	◎	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
20	T	1.0	18	73	0.58	2.2	O	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
21	U	1.0	17	73	0.57	2.1	△	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
22	V	1.0	17	64	1.19	2.1	△	O	O	X	X	O	O	O	X		비교예
23	W	0.7	12	81	0.58	2.2	◎	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
24	X	0.7	12	83	0.59	2.1	◎	O	O	◎	◎	O	O	X	◎		비교예
25	Y	0.7	12	83	0.59	2.2	◎	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
26	Z	0.7	12	82	0.57	2.2	◎	O	O	◎	◎	X	O	O	◎		비교예
27	AA	0.7	12	81	0.34	2.2	O	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
28	AB	0.7	12	83	0.44	2.1	◎	O	O	◎	◎	O	O	O	◎		실시예
29	AC	0.7	12	82	0.34	2.2	O	O	O	◎	◎	X	O	O	◎		비교예

시험 번호	강 종	600℃로 부터 500℃ 까지의 변락 속도 (℃/s)	소둔판의 α 입경 (μm)	베라이트 상분율 (%)	저온 변태상의 평균 입경 (μm)	나노 경도의 비	나노 경도의 변동	양분비	인장 강도	강도 인장 비	강도 구멍 확장 비	스프링 점성	도금 점성	합금화	항복 응력의 변동	비고	구분
30	AD	0.7	16	61	0.55	2.9	○	○	○	×	○	○	○	○	×		비교예
31	AE	0.7	16	83	0.55	2.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
32	AF	0.7	16	82	0.54	2.3	○	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
33	AG	0.7	16	81	0.57	2.2	○	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
34	AH	0.7	16	83	1.37	1.8	○	○	×	×	×	○	○	○	○		비교예
35	AI	1.0	14	64	0.55	2.3	○	○	○	×	○	○	○	○	×		비교예
36	AJ	1.0	14	64	0.48	2.3	○	○	○	×	○	○	○	○	×		비교예
37	AK	1.0	14	65	0.49	2.2	○	○	○	×	○	○	○	○	×		비교예
38	AL	1.0	14	64	0.52	2.2	○	○	○	×	○	○	○	○	×		비교예
39	AM	1.0	14	65	0.54	2.3	○	○	○	×	○	○	○	○	×		비교예
40	AN	1.0	14	64	0.54	2.1	○	○	○	×	○	○	○	○	×		비교예
41	AO	1.0	14	86	0.53	2.3	○	○	○	○	○	○	○	○	×		비교예
42	AP	1.0	14	84	0.52	2.1	○	○	○	○	○	○	○	○	×		비교예
43	AQ	1.0	14	86	0.52	2.2	○	○	○	○	○	○	○	○	×		비교예
44	AR	1.0	14	84	0.57	2.3	△	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
45	AS	1.0	14	83	0.57	2.3	△	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
46	AT	1.0	14	84	0.58	2.1	△	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
47	AU	1.0	14	84	0.59	2.3	△	○	○	○	○	○	○	○	○		비교예
48	AV	1.0	14	83	0.59	2.2	△	○	○	○	○	○	○	○	○	열연판에 하자 발생	비교예
49	AW	1.0	14	83	0.55	2.1	○	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
50	AX	1.0	14	84	0.55	2.1	○	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
51	AY	1.0	14	83	0.53	1.9	○	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
52	AZ	1.0	14	82	0.52	2.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
53	BA	1.0	14	83	0.55	2.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	열연판에 하자 발생	비교예
54	C	1.0	26	86	0.72	1.3	○	○	×	×	○	○	○	○	○		비교예
55	C	1.0	22	84	0.52	1.1	○	×	×	×	○	○	○	○	○		비교예
56	C	1.0	16	73	0.52	2.1	○	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
57	C	1.0	23	72	1.40	2.3	○	○	○	○	×	○	○	○	○		비교예
58	C	1.0	18	73	0.78	2.1	○	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예

실험 번호	강 종	600°C로 부터 500°C 까지의 냉각속도 (°C/s)	소둔판의 α입자의 크기(μm)	페라이트 상분율 (%)	저온 변태상의 평균 입경 (μm)	나노 경도의 비	나노 경도의 변동	향박비	인장 강도	강도 연장 백률(%)	강도 구멍 확장 백률(%)	스프릿 응접성	도금 침투성	합금화	향박 응력의 변동	비고	구분
59	C	1.0	12	73	0.43	1.9	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에 비교에
60	C	1.6	7	72	1.72	1.8	◎	○	X	○	X	○	○	○	X		비교에
61	C	1.0	21	73	1.52	1.7	◎	○	○	◎	X	○	○	○	◎		비교에
62	C	1.0	16	73	0.52	2.1	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
63	C	1.0	15	72	0.52	2.1	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
64	C	1.0	15	73	0.52	2.1	○	○	○	○	△	○	○	○	○		실시에
65	C	1.0	15	78	1.12	2.1	○	○	X	X	X	○	○	○	◎		비교에
66	C	1.0	12	95	0.08	3.6	○	X	X	△	X	○	○	○	◎		비교에
67	C	1.0	13	89	0.62	2.5	○	○	○	△	△	○	○	○	○		실시에
68	C	1.0	14	88	0.52	2.1	○	○	○	○	○	○	○	○	◎		실시에
69	C	1.0	16	75	0.52	2.1	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
70	C	1.0	17	73	0.52	2.1	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
71	C	1.0	19	71	0.73	1.8	○	○	○	◎	△	○	○	○	◎	피트 하자 발생	실시에
72	C	1.0	22	61	0.73	1.8	△	○	○	X	◎	○	○	○	◎	관 형상 악화	비교에
73	C	1.0	11	83	0.08	4.0	X	○	○	◎	X	○	○	○	X		비교에
74	C	1.0	13	78	0.52	2.1	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
75	C	1.0	16	75	0.52	2.1	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
76	C	1.0	20	73	0.52	2.1	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
77	C	1.0	16	74	1.80	2.1	X	○	○	◎	X	○	○	○	X		비교에
78	C	1.0	16	73	0.76	2.3	○	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시에
79	C	1.0	16	73	0.62	2.0	○	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
80	C	1.0	16	74	0.52	1.9	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
81	C	1.0	16	73	0.42	1.8	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
82	C	3.8	16	74	0.55	2.1	X	○	○	◎	X	○	○	○	X		비교에
83	C	2.5	16	73	0.55	2.2	○	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시에
84	C	1.4	16	75	0.53	1.9	○	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
85	C	1.0	16	73	0.57	2.2	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
86	C	0.5	16	74	0.61	2.1	◎	○	○	◎	◎	○	○	○	◎		실시에
87	H	1.0	27	84	0.84	1.4	△	X	X	X	○	○	○	○	○		비교에

시험 번호	강 종	600°C로 부터 500°C 까지의 변각 속도 (°C/s)	소둔판의 α입경 (μm)	베리어트 성분율 (%)	저온 변태상의 평균 입경 (μm)	나노 경도의 비	나노 경도의 변동	항복비	인장 강도	강도 선형 백린스	강도 구멍 확장 백린스	스프링 점성	도금 침투성	함금화	항복 응력의 변동	비고	구분
88	H	1.0	23	83	0.63	1.3	△	×	×	×	○	○	○	○	○		비교예
89	H	1.0	16	90	0.53	2.1	△	○	○	◎	○	○	○	○	○		실시예
90	H	1.0	24	73	1.50	2.3	○	○	○	◎	×	○	○	○	○		비교예
91	H	1.0	19	74	0.66	2.1	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시예
92	H	1.0	13	75	0.41	1.9	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시예
93	H	1.6	7	72	1.22	1.7	△	○	×	○	×	○	○	○	×		비교예
94	H	1.0	21	73	1.44	1.7	△	○	○	◎	×	○	○	○	◎		비교예
95	H	1.0	16	73	0.43	2.1	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시예
96	H	1.0	16	74	0.44	2.1	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시예
97	H	1.0	16	75	0.45	2.1	△	○	○	○	△	○	○	○	○		실시예
98	H	1.0	15	77	1.07	2.1	△	○	×	×	×	○	○	○	◎		비교예
99	H	1.0	12	93	0.09	3.7	○	×	×	△	×	○	○	○	◎		비교예
100	H	1.0	13	87	0.62	2.2	△	○	○	△	△	○	○	○	○		실시예
101	H	1.0	14	84	0.49	2.2	△	○	○	○	○	○	○	○	○		실시예
102	H	1.0	16	71	0.50	2.0	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시예
103	H	1.0	17	74	0.49	2.2	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시예
104	H	1.0	20	73	0.64	1.9	△	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시예
105	H	1.0	22	63	0.71	1.9	△	○	○	×	◎	○	○	○	◎	피트하지 발생 판 열상 악화	실시예
106	H	1.0	12	88	0.09	3.8	×	○	○	◎	×	○	○	○	×		비교예
107	H	1.0	13	83	0.49	2.2	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시예
108	H	1.0	16	75	0.48	2.2	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시예
109	H	1.0	20	74	1.27	2.2	△	○	○	◎	×	○	○	○	×		비교예
110	H	1.0	17	75	1.60	2.2	×	○	○	◎	×	○	○	○	×		비교예
111	H	1.0	17	74	0.88	2.1	△	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시예
112	H	1.0	17	74	0.62	2.2	△	○	○	◎	○	○	○	○	○		실시예
113	H	1.0	16	75	0.43	2.1	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시예
114	H	1.0	16	74	1.00	2.1	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시예
115	H	3.8	16	75	0.52	2.0	×	○	○	◎	×	○	○	○	×		비교예
116	H	2.5	16	74	0.49	2.0	△	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시예

시험 번호	강 종	600℃로 부터 500℃ 까지의 변각 속도 (℃/s)	소둔편의 α 입경 (μm)	베라이트 상분율 (%)	저온 변태상의 평균 입경 (μm)	나노 경도의 비	나노 경도의 변동	장벽비	인장 강도	강도 연장 백연스	강도 구멍 장 백연스	스프링 유점성	도금 침윤성	함금화	형변 응력의 변동	비고	구분
117	H	1.4	16	75	0.48	1.9	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
118	H	3.0	16	71	0.44	2.3	△	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시에
119	H	0.5	16	74	0.61	3.0	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
120	R	1.0	26	87	0.75	1.2	△	×	×	×	○	○	○	○	○		비교에
121	R	1.0	22	85	0.82	1.0	△	×	×	×	○	○	○	○	○		비교에
122	R	1.0	16	75	0.64	2.3	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
123	R	1.0	26	74	1.50	2.2	○	○	○	◎	×	○	○	○	○		비교에
124	R	1.0	20	73	0.81	2.1	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
125	R	1.0	13	74	0.44	2.0	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
126	R	1.6	8	75	1.49	1.6	△	○	×	○	×	○	○	○	×		비교에
127	R	1.0	23	75	1.55	1.6	△	○	○	◎	×	○	○	○	◎		비교에
128	R	1.0	18	74	0.54	2.3	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
129	R	1.0	17	75	0.55	2.1	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
130	R	1.0	17	74	0.54	2.3	△	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시에
131	R	1.0	17	73	1.26	2.2	△	○	×	×	×	○	○	○	◎		비교에
132	R	1.0	13	94	0.11	3.7	○	×	×	△	×	○	○	○	◎		비교에
133	R	1.0	14	85	0.61	2.4	△	○	○	△	△	○	○	○	○		실시에
134	R	1.0	15	84	0.55	2.2	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
135	R	1.0	18	74	0.51	2.2	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
136	R	1.0	19	73	0.52	2.3	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
137	R	1.0	21	71	0.82	1.7	△	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시에
138	R	1.0	24	63	0.83	1.7	△	○	○	×	◎	○	○	○	◎		비교에
139	R	1.0	13	88	0.07	3.9	×	×	○	◎	×	○	○	○	×	편 형상 악화	비교에
140	R	1.0	14	81	0.55	2.3	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
141	R	1.0	13	90	0.52	2.2	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
142	R	1.0	22	73	0.55	2.3	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
143	R	1.0	18	74	1.90	2.3	×	○	○	◎	×	○	○	○	×		비교에
144	R	1.0	18	73	0.82	2.4	△	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시에
145	R	1.0	18	74	0.66	2.1	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에

실험 번호	강 종	600°C로 부터 500°C 까지의 냉각 속도 (°C/s)	소둔판의 α 인경 (μm)	페라이트 상분율 (%)	저온 변태상의 평균 인경 (μm)	나노 경도의 비	나노 경도의 변동 범위	항복비	인장 강도	강도 연성 비(%)	강도 구멍 확장 비(%)	스프링 응답성	도금 적용성	합금화	항복 응력의 변동	비고	구분
146	R	3.0	18	72	0.55	1.8	△	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시에
147	R	1.0	17	74	1.00	1.7	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
148	R	3.8	18	73	0.56	2.1	×	○	○	◎	×	○	○	○	×		비교예
149	R	2.5	18	74	0.51	2.1	△	○	○	◎	△	○	○	○	○		실시에
150	R	1.4	18	73	0.57	2.1	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
151	R	1.0	18	74	0.59	2.3	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에
152	R	0.5	18	73	0.63	3.0	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○		실시에

[0172]

[0173]

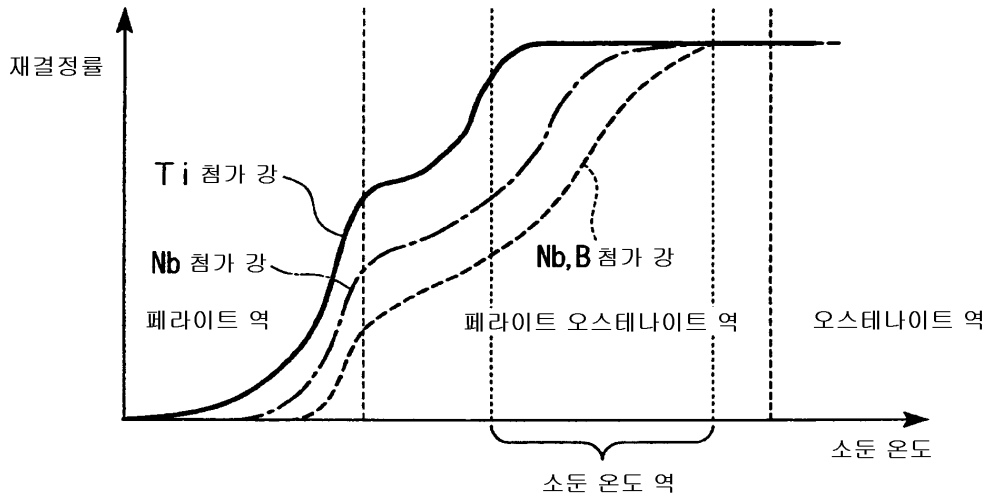
[0174]

산업상 이용 가능성

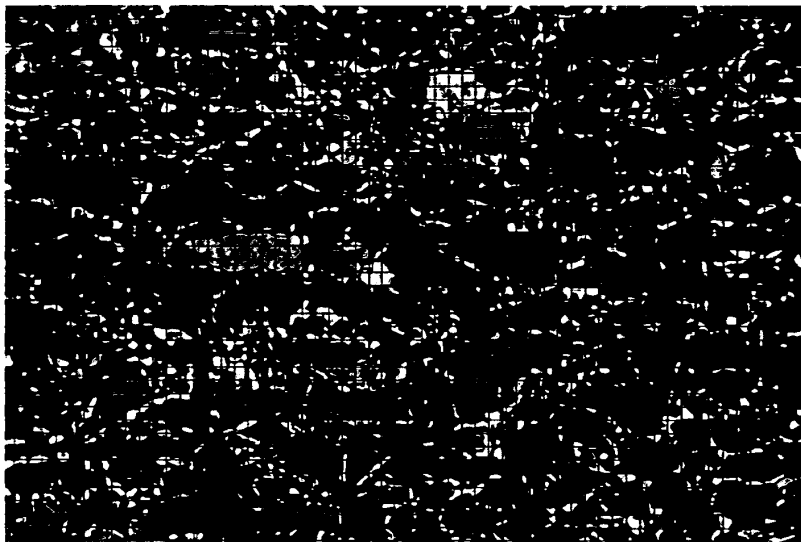
본 발명은 자동차에 적용되는 차체 부품에 매우 적합한, 인장 강도로 780 MPa 이상의 고강도와 우수한 성형성을 가진 강관을 안정적으로 열가로 제공하는 것으로, 자동차의 경량화에 크게 공헌하는 것을 기대할 수 있어 산업상의 효과는 극히 높다.

도면

도면1



도면2



20 μ m