



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년11월04일
(11) 등록번호 10-2020387
(24) 등록일자 2019년09월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/22 (2006.01) *C21D 3/04* (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01) *C22C 38/02* (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01) *C22C 38/06* (2006.01)
C22C 38/24 (2006.01) *C22C 38/44* (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C22C 38/22 (2013.01)
C21D 3/04 (2013.01)

- (73) 특허권자
주식회사 포스코
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)
- (72) 발명자
김득중
 경상북도 포항시 남구 동해안로 6262
- (74) 대리인
특허법인씨엔에스

- (21) 출원번호 10-2017-0168074
- (22) 출원일자 2017년12월08일
 심사청구일자 2017년12월08일
- (65) 공개번호 10-2019-0068064
- (43) 공개일자 2019년06월18일
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2008025002 A*
 JP2011012316 A
 KR1020100021273 A
 JP08260098 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 7 항

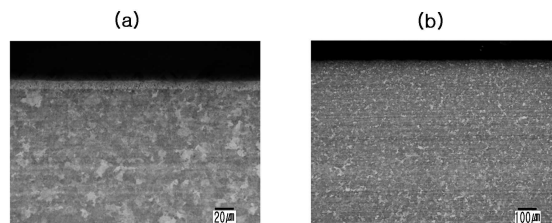
심사관 : 이상훈

(54) 발명의 명칭 **표면품질이 우수한 고탄소 열연강판 및 이의 제조방법**

(57) 요약

본 발명은 건축, 공구, 자동차 부품 등에 적합하게 사용되는 열연강판에 관한 것으로, 보다 상세하게는 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C21D 8/0247 (2013.01)

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/04 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C22C 38/24 (2013.01)

C22C 38/44 (2013.01)

C22C 38/46 (2013.01)

C21D 2211/003 (2013.01)

C21D 2211/009 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

중량%로, C: 0.8~1.3%, Si: 0.01~0.5%, Mn: 0.3~2.0%, Al: 0.1% 이하(0%는 제외), Cr: 2.0% 이하(0%는 제외), P: 0.03% 이하, S: 0.02% 이하, N: 0.01% 이하와, Ni: 2.0% 이하, Mo: 2.0% 이하, Cu: 2.0% 이하, 및 V: 1.0% 이하로 구성되는 그룹에서 선택된 1종 이상을 포함하며, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고,

미세조직으로 펄라이트 및 입계 세멘타이트를 포함하며,

전체 입계 세멘타이트 중 aspect ratio(한 개의 입계 세멘타이트의 길이/한 개의 입계 세멘타이트의 최대 두께)가 30 이하인 분절 입계 세멘타이트를 면적분율 50% 이상으로 포함하는 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 열연강판은 면적분율 90% 이상으로 펄라이트를 포함하는 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 열연강판은 탈탄 및 입계산화 깊이가 표면으로부터 두께방향 10 μ m 이하인 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판.

청구항 5

중량%로, C: 0.8~1.3%, Si: 0.01~0.5%, Mn: 0.3~2.0%, Al: 0.1% 이하(0%는 제외), Cr: 2.0% 이하(0%는 제외), P: 0.03% 이하, S: 0.02% 이하, N: 0.01% 이하와, Ni: 2.0% 이하, Mo: 2.0% 이하, Cu: 2.0% 이하, 및 V: 1.0% 이하로 구성되는 그룹에서 선택된 1종 이상을 더 포함하며, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 강 슬라브를 1100~1300 $^{\circ}$ C의 온도범위에서 재가열하는 단계;

상기 재가열된 강 슬라브를 조압연 및 마무리 압연하여 열연강판을 제조하는 단계;

상기 열연강판을 30 $^{\circ}$ C/s 이상의 냉각속도로 720~750 $^{\circ}$ C까지 1차 냉각하는 단계; 및

상기 1차 냉각 후 10 $^{\circ}$ C/s 이하의 냉각속도로 670~710 $^{\circ}$ C까지 2차 냉각한 다음, 권취하는 단계를 포함하고,

상기 마무리 압연은 하기 식(1)로부터 도출되는 값보다 높은 온도에서 행하는 것인 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판의 제조방법.

$$\text{식(1)} = 464 + 368C + 6.2Mn + 25.1Si - 0.2Ni + 54.8Cr - 49.8Mo - 64.6Cu + 9.3V$$

(여기서, C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V는 각각 중량 함량을 의미한다.)

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 1차 냉각은 상기 마무리 압연 직후 3초 내에 행하는 것인 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판의 제조방법.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 마무리 압연은 입측온도 950~1100℃의 온도범위에서 행하는 것인 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판의 제조방법.

청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 권취 후 상기 열연강판의 탈탄 및 입계산화 깊이가 표면으로부터 두께방향 10 μ m 이하로 형성되는 것인 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 건축, 공구, 자동차 부품 등에 적합하게 사용되는 열연강판에 관한 것으로, 보다 상세하게는 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 건축, 공구, 자동차 부품 등으로 다양하게 사용될 수 있는 고탄소 열연강판은 2차 고객사에서 산세 및 냉간압연을 거친 후 최종 고객사에서 열처리 및 목적에 맞게 부품으로 성형된다.

[0003] 그런데, 위와 같은 가공시 열연강판 표면에서 탈탄이 일어나면 열처리 후 원하는 경도를 얻기 어렵다. 또한, 열연강판 표면에 입계산화가 존재하게 되면 제품 사용 중에 크랙이 쉽게 발생하는 문제가 있다.

[0004] 이에, 고탄소강 제품에서는 표면 탈탄 및 입계산화를 최소화하는 것이 요구된다.

[0005] 하지만, 고탄소 강역의 경우 권취 후 변태발열이 발생하여 권취된 코일의 온도가 급격하게 상승하게 되는데, 이러한 고탄소 강역은 경화능 향상을 위해 Fe 보다 산소 친화도가 높은 Cr, Mn, Al, Si 등을 다량 함유하게 되므로 탈탄 및 입계산화가 쉽게 발생하는 문제가 있다.

[0006] 따라서, 고탄소 열연강판을 제조하는 경우, 탈탄 및 입계산화가 최소화되도록 조업조건을 세밀하게 설정할 필요가 있다.

[0007] 한편, 특허문헌 1에서는 고탄소 강역의 탈탄 또는 입계산화의 방지를 위해 Sb 등의 원소를 첨가하거나, 냉각 공정을 강화하는 방안을 제시하고 있다. 그러나, Sb은 적절히 사용되지 못하면 오히려 입계를 취약하게 하여 제품의 내구성을 저해할 위험성이 존재한다. 또한, 냉각을 강화할 경우 형상이 나빠져 고객사에서 산세 및 재압연시 작업성을 매우 열위하게 하는 문제점이 있다. 뿐만 아니라, 냉각을 강화하기 위해서는 냉각수량이 많아져 열연 판재의 에지(edge)부가 지나치게 과냉될 우려가 있으며, 에지부에서 저온조직이 생성될 경우 크랙이 유발될 우려가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 제2007-0138536호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 일 측면은, 합금조성 및 제조조건을 최적화하여 고탄소 열연강판의 탈탄 및 입계산화물을 최소화함으로써 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판 및 이것을 제조하는 방법을 제공하고자 하는 것이다.

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않는 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자가 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일 측면은, 중량%로, C: 0.8~1.3%, Si: 0.01~0.5%, Mn: 0.3~2.0%, Al: 0.1% 이하(0%는 제외), Cr: 2.0% 이하(0%는 제외), P: 0.03% 이하, S: 0.02% 이하, N: 0.01% 이하와, Ni: 2.0% 이하, Mo: 2.0% 이하, Cu: 2.0% 이하, 및 V: 1.0% 이하로 구성되는 그룹에서 선택된 1종 이상을 포함하며, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 미세조직으로 펄라이트 및 입계 세멘타이트를 포함하는 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판을 제공한다.

[0012] 본 발명의 다른 일 측면은, 상술한 합금조성을 만족하는 강 슬라브를 1100~1300℃의 온도범위에서 재가열하는 단계; 상기 재가열된 강 슬라브를 조압연 및 미무리 압연하여 열연강판을 제조하는 단계; 상기 열연강판을 30℃/s 이상의 냉각속도로 720~750℃까지 1차 냉각하는 단계; 및 상기 1차 냉각 후 10℃/s 이하의 냉각속도로 670~710℃까지 2차 냉각한 다음, 권취하는 단계를 포함하고, 상기 마무리 압연은 하기 식(1)로부터 도출되는 값보다 높은 온도에서 행하는 것인 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판의 제조방법을 제공한다.

[0013] 식(1) = $464 + 368C + 6.2Mn + 25.1Si - 0.2Ni + 54.8Cr - 49.8Mo - 64.6Cu + 9.3V$

[0014] (여기서, C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V는 각각 중량 함량을 의미한다.)

발명의 효과

[0015] 본 발명에 의하면, 표면 탈탄 및 입계산화물이 최소화된 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판을 제공할 수 있다.

[0016] 이에, 2차 고객사에서 추가 공정 비용의 절감이 가능하며, 최종 제품의 내구성을 크게 향상시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 비교예 4 및 발명에 3의 열연강판의 표면 탈탄 발생 여부를 관찰한 결과를 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 비교예 4 및 발명에 3의 열연강판의 입계산화 발생 여부를 관찰한 결과를 나타낸 것이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 비교예 8 및 발명에 3의 조직을 전자현미경으로 관찰하여 나타낸 것이다 (이때, 각 강재의 조직은 두께 방향 1/4t(여기서 t는 강재 두께(mm)를 의미함) 지점에서 관찰한 것임).

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 발명자들은 고탄소 열연강관을 제공함에 있어서, 앞서 언급한 문제점들을 확인하고, 표면 탈탄 및 입계산화를 최소화할 수 있는 방안에 대하여 깊이 연구하였다.
- [0019] 그 결과, 열연강관의 합금조성과 제조조건을 최적화함으로써 열연강관의 표면 탈탄 및 입계산화의 발생을 억제하여 표면품질이 우수한 열연강관을 제공할 수 있음을 확인하고, 본 발명을 완성하기에 이르렀다.
- [0020] 이하, 본 발명에 대하여 상세히 설명한다.
- [0021] 본 발명의 일 측면에 따른 표면품질이 우수한 고탄소 열연강관은 중량%로, C: 0.8~1.3%, Si: 0.01~0.5%, Mn: 0.3~2.0%, Al: 0.1% 이하(0%는 제외), Cr: 2.0% 이하(0%는 제외), P: 0.03% 이하, S: 0.02% 이하, N: 0.01% 이하를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0022] 이하에서는 본 발명의 고탄소 열연강관의 합금조성을 위와 같이 제어하는 이유에 대하여 상세히 설명한다.
- [0023] 이때, 특별한 언급이 없는 한, 각 합금 원소의 함량은 중량%를 의미한다.
- [0024] C: 0.8~1.3%
- [0025] 탄소(C)는 강도 확보를 위해 가장 효과적인 원소이다. 본 발명에서 우수한 경도를 얻기 위하여 0.8% 이상으로 첨가하는 것이 바람직하나, 그 함량이 1.3%를 초과하게 되면 열간압연시 강관이 너무 경하여 공정상에 결함을 유발할 우려가 있다.
- [0026] 따라서, 본 발명에서는 상기 C의 함량을 0.8~1.3%로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0027] Si: 0.01~0.5%
- [0028] 실리콘(Si)은 탈산 효과에 유효한 원소로서, 이를 위해서는 0.01% 이상으로 포함하는 것이 바람직하다. 다만, 그 함량이 0.5%를 초과하게 되면 열연강관 표면에 입계산화를 유발할 가능성이 높아지므로 바람직하지 못하다.
- [0029] 따라서, 본 발명에서는 상기 Si의 함량을 0.01~0.5%로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0030] Mn: 0.3~2.0%
- [0031] 망간(Mn)은 상기 C와 함께 강의 강도 확보에 유효한 원소이다. 이러한 Mn의 함량이 0.3% 미만이면 FeS가 형성되어 고온에서 입계 취성을 일으킬 우려가 있다. 반면, 그 함량이 2.0%를 초과하게 되면 중심 편석, 개재물 형성과 더불어 입계 산화를 일으켜 열연강관 품질이 열위할 우려가 있다.
- [0032] 따라서, 본 발명에서는 상기 Mn의 함량을 0.3~2.0%로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0033] Al: 0.1% 이하(0%는 제외)
- [0034] 알루미늄(Al)은 탈산 효과뿐만 아니라 고용 강화 효과를 위해 첨가하는 원소이다. 다만, 상기 Al의 함량이 0.1%를 초과하게 되면 연주시 슬라브(slab) 내 크랙을 유발할 뿐만 아니라, 최종 제품에서 입계산화를 일으킬 우려가 있다.
- [0035] 따라서, 본 발명에서는 상기 Al의 함량을 0.1% 이하로 제어하는 것이 바람직하며, 0%는 제외한다.
- [0036] Cr: 2.0% 이하(0%는 제외)

- [0037] 크롬(Cr)은 강의 경화능을 높이기 위해 첨가하는 원소이며, 대기 중에서 부동태 피막을 형성하여 철의 녹 발생을 억제하는 효과가 있다. 하지만, 너무 과도하게 첨가할 경우 열간압연 공정 중 스케일(scale) 탈락을 어렵게 하고, 냉각 중 열연판의 에지(edge) 크랙을 유발할 우려가 있으므로 바람직하지 못하다.
- [0038] 이를 고려하여, 본 발명에서는 상기 Cr의 함량을 2.0% 이하로 제어하는 것이 바람직하며, 0%는 제외한다.
- [0039] P: 0.03% 이하
- [0040] 인(P)은 강 제조과정 중에 불가피하게 첨가되는 원소로서, 강 내에 편석되어 취성을 유발할 우려가 있으므로 그 함량을 가능한 낮게 제어하는 것이 바람직하다.
- [0041] 다만, 상기 P의 함량을 최대한으로 낮게 제어하기 위해서는 많은 비용이 소요되는 바, 그 상한을 관리하는 것이 바람직하며, 본 발명에서는 최대 0.03%로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0042] S: 0.02% 이하
- [0043] 황(S)은 강 제조과정 중에 불가피하게 첨가되는 원소로서, 개재물을 형성하거나 용점이 낮은 FeS 황화물을 형성하여 열간압연 중 입계 취성을 일으킬 우려가 있다.
- [0044] 따라서, 상기 S의 함량을 가능한 낮게 제어하는 것이 바람직하며, 본 발명에서는 그 상한을 최대 0.02%로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0045] N: 0.01% 이하
- [0046] 질소(N)는 고용 강화 효과가 있으나, 그 함량이 과다하면 고용원소가 항복점 연신을 일으켜 표면품질을 열위하게 할 우려가 있다. 또한, 질화물을 석출시켜 가공성을 저해할 우려가 있다.
- [0047] 따라서, 본 발명에서는 상기 N의 함량을 0.01% 이하로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0048] 본 발명의 열연강판은 상술한 합금조성 이외에 물성 향상의 목적에서 다음과 같은 성분들을 더 포함할 수 있다.
- [0049] 구체적으로 Ni, Mo, Cu 및 V 중 1종 이상을 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0050] Ni: 2.0% 이하
- [0051] 니켈(Ni)은 강도 증가 및 내식성 향상을 위해 첨가하는 원소로서, 후술하는 Cu와 함께 첨가시 상기 Cu에 의한 고온 입계 취화를 막아주는 효과가 있다. 다만, 그 함량이 2.0%를 초과하게 되면 계면을 불균일하게 하여 고온에서 스케일의 디스케일(discaling)성을 열화시키는 문제가 있다.
- [0052] 따라서, 본 발명에서는 상기 Ni의 첨가시 그 함량을 2.0% 이하로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0053] Mo: 2.0% 이하
- [0054] 몰리브덴(Mo)은 강의 경화능을 향상시키는데 유효한 원소이며, 석출강화 원소의 열적 안정성을 부여하기 위해 첨가하기도 한다. 다만, 상기 Mo은 고가의 원소로 그 함량이 2.0%를 초과하게 되면 제조원가를 크게 상승시킬 우려가 있다.
- [0055] 따라서, 본 발명에서는 상기 Mo의 첨가시 그 함량을 2.0% 이하로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0056] Cu: 2.0% 이하
- [0057] 구리(Cu)는 강도 증가 및 내식성 향상을 위해 첨가하는 원소이다. 다만, 이러한 Cu의 함량이 2.0%를 초과하게

되면 고온에서 입계 취화를 일으킬 우려가 있으므로 바람직하지 못하다.

[0058] 따라서, 본 발명에서는 상기 Cu의 첨가시 그 함량을 2.0% 이하로 제어하는 것이 바람직하다.

[0059] V: 1.0% 이하

[0060] 바나듐(V)은 강도 향상을 위해 첨가하는 원소이다. 다만, 상기 V은 고가의 원소로 그 함량이 1.0%를 초과하게 되면 제조원가를 크게 상승시킬 우려가 있다.

[0061] 따라서, 본 발명에서는 상기 V의 첨가시 그 함량을 1.0% 이하로 제어하는 것이 바람직하다.

[0062] 본 발명의 나머지 성분은 철(Fe)이다. 다만, 통상의 제조과정에서는 원료 또는 주위 환경으로부터 의도되지 않는 불순물들이 불가피하게 혼입될 수 있으므로, 이를 배제할 수는 없다. 이들 불순물들은 통상의 제조과정의 기술자라면 누구라도 알 수 있는 것이기 때문에 그 모든 내용을 특별히 본 명세서에서 언급하지는 아니한다.

[0063] 상술한 합금조성을 만족하는 본 발명의 열연강판은 미세조직으로 펄라이트 및 입계 세멘타이트를 포함하는 것이 바람직하다.

[0064] 보다 구체적으로, 상기 펄라이트는 면적분율 90% 이상으로 포함하는 것이 바람직하다. 만일, 상기 펄라이트의 분율이 90% 미만이면 입계 세멘타이트의 필름(film)이 네트워크(network)를 이루어 입계취화가 일어나기 쉽게 되는 문제가 있다.

[0065] 상기 열연강판은 전체 입계 세멘타이트 중 aspect ratio(한 개의 입계 세멘타이트의 길이/한 개의 입계 세멘타이트의 최대 두께)가 30 이하로 분절되어 있는 입계 세멘타이트를 50% 이상으로 포함할 수 있다.

[0066] 즉, 본 발명의 열연강판은 입계 세멘타이트 중에 분절된 세멘타이트를 다량으로 포함하며, 이로부터 입계산화 발생하더라도 그 전파를 억제하는 효과를 얻을 수 있다.

[0067] 여기서, aspect ratio를 얻기 위한 입계 세멘타이트의 길이와 최대 두께는 하나의 동일한 입계 세멘타이트에서 측정한다.

[0068] 고탄소 열연강판에서 최종조직이 펄라이트 및 입계 세멘타이트로 이루어진 경우, 권취 후 변태 발열을 동반하게 되어 권취된 코일의 온도가 상승함에 따라 탈탄 및 입계산화가 쉽게 발생하게 된다.

[0069] 하지만, 본 발명에서는 상기와 같이 합금조성을 제어하는 동시에, 후술하여 상세히 설명하겠지만 공정조건을 최적화함으로써 고탄소 열연강판의 탈탄 및 입계산화 깊이를 표면으로부터 두께방향 10 μ m 이하로 형성할 수 있다.

[0070] 즉, 탈탄 및 입계산화가 용이하게 발생할 수 있는 합금조성을 가지더라도 탈탄 및 입계산화를 효과적으로 억제할 수 있으므로 표면품질이 우수한 열연강판을 제공하는 효과가 있는 것이다.

[0071] 이하, 본 발명의 다른 일 측면에 따른 표면품질이 우수한 고탄소 열연강판을 제조하는 방법에 대하여 상세히 설명한다.

[0072] 간략히 설명하면, 본 발명의 고탄소 열연강판은 [강 슬라브 재가열 - 열간압연 - 냉각 및 권취] 공정을 거쳐 제조할 수 있으며, 각 공정별 조건에 대해서는 하기에 구체적으로 설명한다.

[0073] 강 슬라브 재가열

[0074] 우선, 상술한 합금조성을 만족하는 강 슬라브를 준비한 후, 이를 1100~1300 $^{\circ}$ C의 온도범위에서 재가열하는 것이 바람직하다.

- [0075] 상기 재가열 공정은 슬라브를 균질화하기 위한 공정으로서, 그 온도가 1100℃ 미만이면 후속 열간압연 공정시 압연 하중이 급격히 증가하게 될 우려가 있다. 반면, 그 온도가 1300℃를 초과하게 되면 마무리 압연시 표면온도가 높아 고온 산화 스케일이 표면에 두껍게 생성되어 표면 결함을 유발하거나, 이후 권취된 코일을 풀 때 스케일이 탈락되는 결함이 유발될 우려가 있다.
- [0076] 열간압연
- [0077] 상기에 따라 재가열된 강 슬라브를 열간압연하여 열연강관으로 제조하는 것이 바람직하며, 이때 조압연 및 마무리 압연 공정으로 행해지는 것이 바람직하다.
- [0078] 상기 조압연은 통상의 조건으로 행해질 수 있으므로, 본 발명에서는 그 조건에 대해 특별히 한정하지 아니한다.
- [0079] 상기 마무리 압연은 하기 식(1)로부터 도출되는 값보다 높은 온도에서 행해지는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게, 상기 마무리 압연시 입측온도를 950~1100℃로 제어하고, 출측온도를 하기 식(1)의 값보다 높게 제어하는 것이 바람직하다.
- [0080] 본 발명의 열연강관은 탄소(C)를 0.8% 이상으로 포함하는 고탄소 강으로서, 압연 중에 오스테나이트 결정립계(austenite grain boundary)에 초석 세멘타이트가 석출하게 된다. 만일, 마무리 압연 출측온도가 하기 식(1)로부터 도출되는 값보다 낮으면 오스테나이트 결정립계에 초석 세멘타이트의 석출이 촉진되어 취성이 높아지며, 이후 열연 정정 공정에서 권취된 코일을 풀 때 스트립(strip)에 크랙(crack)이 발생할 우려가 커진다.
- [0081] 따라서, 본 발명에서는 열간압연시 마무리 압연온도를 하기 식(1)로부터 도출되는 값보다 높게 제어함으로써 열연강관 표면 크랙을 방지하고, 탈탄 및 입계산화를 최소화하는 것이 바람직하다.
- [0082] 식(1) = $464 + 368C + 6.2Mn + 25.1Si - 0.2Ni + 54.8Cr - 49.8Mo - 64.6Cu + 9.3V$
- [0083] (여기서, C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V는 각각 중량 함량을 의미한다.)
- [0084] 상기 식(1)의 원소들은 Acm 온도(오스테나이트로부터 입계에 초석 세멘타이트가 석출하는 온도)에 영향을 미치는 원소이다. 본 발명에서는 상술한 원소들을 일정 함량으로 함유하므로, 상기 식(1)을 만족하는 온도 범위 내에서 압연을 완료하고 냉각을 개시함으로써, 오스테나이트 입계에 세멘타이트가 과도하게 석출하여 취성이 높아지는 것을 방지할 수 있다.
- [0085] 냉각 및 권취
- [0086] 상기한 바에 따라 제조된 열연강관을 냉각한 후 권취하는 것이 바람직하다.
- [0087] 상기 냉각은 냉각대 예컨대, 런 아웃 테이블(Run-Out Table, ROT) 상에서 수냉에 의해 열연강관을 냉각할 수 있다.
- [0088] 특히, 상기 냉각은 상기 마무리 압연 직후 3초 이내에 냉각을 개시하는 것이 바람직한데, 상기 마무리 압연 이후 냉각이 개시되기까지의 시간이 3초를 초과하게 되면 열간압연된 강관이 고온에서 노출되는 시간이 길어져 입계산화가 심해질 우려가 있기 때문이다.
- [0089] 한편, 본 발명에서는 상기 냉각시 720~750℃의 온도범위까지 30℃/s 이상의 평균 냉각속도로 냉각하는 1차 냉각을 행한 후, 권취 온도범위까지 10℃/s 이하(0℃/s 제외)의 평균 냉각속도로 2차 냉각을 행하는 것이 바람직하다.
- [0090] 이와 같이, 단계적 냉각을 행하는 것은 고탄소 열연강관의 표면 탈탄 및 입계산화를 억제하기 위한 것이다.
- [0091] 상기 1차 냉각시 평균 냉각속도가 30℃/s 미만이면 냉각 중에 입계산화가 발생할 우려가 있다.

- [0092] 상기 1차 냉각시 평균 냉각속도의 상한은 특별히 한정하지 아니하며, 냉각설비에 따라 적절히 선택할 수 있을 것이다.
- [0093] 상술한 냉각속도로 냉각시 냉각종료온도가 720℃ 미만이거나 750℃를 초과하게 되면 형상이 불량해지거나, 표면 탈탄 및 입계산화 깊이가 10 μ m를 초과하게 되는 문제가 있다.
- [0094] 상기 2차 냉각은 냉각편차를 최소화하여 균일한 재질을 얻기 위하여 10℃/s 이하(0℃/s 제외)의 평균 냉각속도로 행하는 것이 바람직하며, 보다 바람직하게 670~710℃ 범위까지 냉각한 후 그 온도범위에서 권취를 행하는 것이 바람직하다.
- [0095] 상기 권취온도가 670℃ 미만이면 권취 후 변태발열에 의해 코일의 온도가 상승하여 탈탄 및 입계산화 깊이가 10 μ m를 초과하게 되는 문제가 발생할 수 있다. 반면, 상기 권취온도가 710℃를 초과하게 되면 초기 권취온도 자체가 높아 약간의 변태발열에도 탈탄 및 입계산화 깊이가 10 μ m를 초과하게 되는 문제가 발생할 수 있고, 스케일 박리로 인해 표면품질이 열위할 가능성이 존재하므로 바람직하지 못하다.
- [0096] 기존 고탄소 열연강판의 경우, 위와 같은 온도범위에서 권취를 행하면 변태발열에 의해 표면 탈탄 및 입계산화 발생이 용이해지는 문제가 있다. 하지만, 본 발명의 경우 고탄소 열연강판에 함유되는 합금조성을 제어하면서, 제조시 압연 및 냉각 공정을 제어함으로써 상기 온도범위에서 권취시 변태 발열량이 적어져 표면 탈탄 및 입계 산화를 효과적으로 억제할 수 있는 것이다.
- [0097] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명하고자 한다. 다만, 하기의 실시예는 본 발명을 예시하여 보다 상세하게 설명하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 권리범위를 한정하기 위한 것이 아니라는 점에 유의할 필요가 있다. 본 발명의 권리범위는 특허청구범위에 기재된 사항과 이로부터 합리적으로 유추되는 사항에 의해 결정되는 것이기 때문이다.
- [0098] **(실시예)**
- [0099] 하기 표 1에 나타난 합금조성을 가지는 강 슬라브를 1100~1300℃의 온도범위에서 재가열한 다음, 하기 표 2에 나타난 조건으로 마무리 압연 - 냉각 - 권취 공정을 거쳐 열연강판을 제조하였다.
- [0100] 제조된 각각의 열연강판에 대해 표면으로부터 두께방향으로의 표면 탈탄 및 입계산화 깊이를 관찰하고, 그 결과를 하기 표 3에 나타내었다. 이때, 상기 탈탄 및 입계산화 깊이는 SEM(Scanning Electron Microscopy)으로 단면을 측정된 후, 산화물의 사진 및 이미지 분석을 통해 측정하였다.
- [0101] 또한, 각각의 열연강판의 두께 방향 1/4t 지점에서 SEM으로 압연방향의 조직을 관찰하고, 입계 세멘타이트의 분율을 측정하여 하기 표 3에 나타내었다. 이때, 입계 세멘타이트의 분율은 aspect ratio(한 개의 입계 세멘타이트의 길이/한 개의 입계 세멘타이트의 최대 두께)가 30 이하로 분절되어 있는 입계 세멘타이트의 분율을 측정하였다.
- [0102] 그리고, 각각의 권취된 열연코일을 풀 때(uncoiling) 표면에서의 크랙 발생 여부를 육안으로 확인하였다. 그리고, 예지부 웨이브(wave)의 고·저 차이를 측정하여 열연강판의 형상 불균일을 관찰하였으며, 이때 그 차이가 10mm 이상일 때를 불량으로 판단하였다.

표 1

[0103]

강종	합금조성 (중량%)												식(1)
	C	Si	Mn	Al	Cr	P	S	N	Ni	Mo	Cu	V	
1	0.80	0.2	0.40	0.015	0.25	0.01	0.003	0.004	1.8	0	0	0	779
2	0.85	0.2	0.55	0.015	0.15	0.01	0.003	0.004	0	0.2	0	0	783
3	0.90	0.3	0.90	0.015	1.10	0.01	0.003	0.004	0	0	0	0.1	870
4	1.10	0.2	0.70	0.015	0.50	0.01	0.003	0.004	0	0	0.1	0.1	900
5	1.22	0.2	0.40	0.015	0.55	0.01	0.003	0.004	0	0	0.3	0	931

표 2

[0104]

강종	마무리 압연 (°C)	냉각개시 시간 (초)	1차 냉각 속도 (°C/s)	1차 냉각 종료온도 (°C)	2차 냉각 속도 (°C/s)	권취온도 (°C)	비고
1	881	2	80	730	5	690	발명예 1
2	883	3	80	730	5	692	발명예 2
3	890	2	80	730	5	691	발명예 3
4	912	3	80	730	5	688	발명예 4
5	938	2	30	730	4	699	발명예 5
3	887	3	50	740	4	706	발명예 6
3	884	2	100	720	4	689	발명예 7
3	886	3	80	730	4	700	발명예 8
3	886	3	200	750	9	677	발명예 9
3	885	2	200	720	5	678	발명예 10
3	884	3	10	740	4	707	비교예 1
3	881	4	200	750	8	683	비교예 2
3	889	2	50	760	10	681	비교예 3
3	888	3	100	670	9	602	비교예 4
3	883	3	100	650	8	584	비교예 5
3	887	3	50	750	4	721	비교예 6
5	879	3	30	730	6	680	비교예 7
3	859	3	50	730	6	683	비교예 8

표 3

[0105]

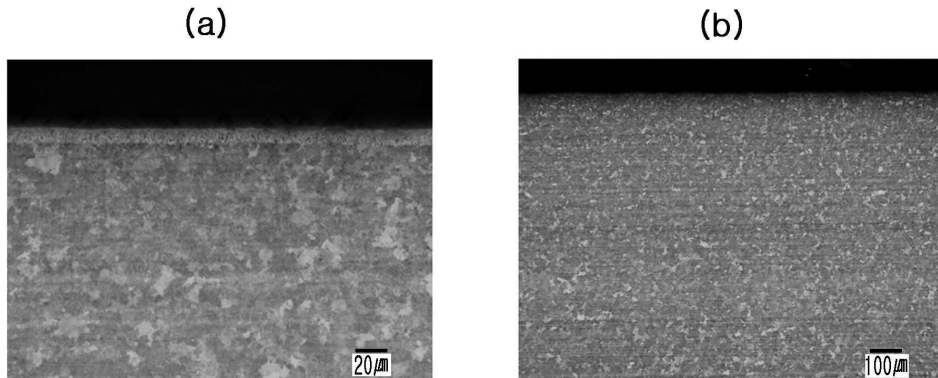
구분	aspect ratio 30 이하인 입계 세멘타이 트의 분율	탈탄 깊이 (μm)	입계산화 깊이 (μm)	크랙 발생 유무	형상
발명예 1	59	2	5	미발생	양호
발명예 2	77	2	3	미발생	양호
발명예 3	100	3	3	미발생	양호
발명예 4	100	3	8	미발생	양호
발명예 5	100	6	8	미발생	양호
발명예 6	90	8	10	미발생	양호
발명예 7	85	2	6	미발생	양호
발명예 8	89	5	9	미발생	양호
발명예 9	88	7	9	미발생	양호
발명예 10	86	1	4	미발생	양호
비교예 1	83	14	15	미발생	양호
비교예 2	56	11	12	미발생	양호
비교예 3	100	13	11	미발생	양호
비교예 4	100	12	13	미발생	불량
비교예 5	78	12	12	미발생	불량
비교예 6	91	19	21	미발생	양호
비교예 7	48	7	8	발생	양호

비교예 8	13	4	7	발생	양호
-------	----	---	---	----	----

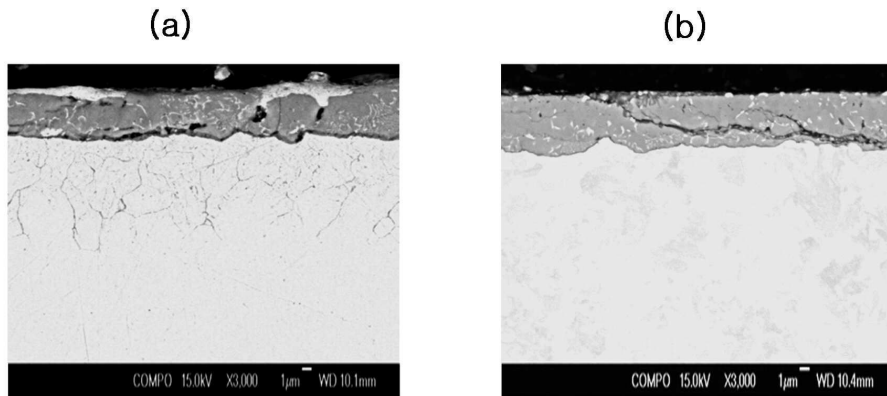
- [0106] 상기 표 1 내지 3에 나타낸 바와 같이, 합금조성 및 제조공정 조건이 본 발명에서 제안하는 바를 모두 만족하는 발명에 1 내지 10은 열연강판 표면으로부터 두께방향으로 생성된 탈탄 및 입계산화 깊이가 모두 10 μ m 이하로 형성되었으며, 열연코일을 풀 때에 크랙 등이 발생하지 아니한 것을 확인할 수 있다.
- [0107] 반면, 합금조성 및 제조공정 중 어느 하나 이상의 조건이 본 발명을 벗어나는 비교예들의 경우 표면 탈탄 및 입계산화가 효과적으로 억제되지 못하여 그 깊이가 10 μ m를 초과하여 형성되거나, 열연코일을 풀 때 크랙이 발생한 것을 확인할 수 있다.
- [0108] 특히, 마무리 열간압연 후 1차 냉각시 냉각속도가 느린 비교예 1과, 마무리 열간압연 후 1차 냉각이 3초 이내에 행해지지 못한 비교예 2, 1차 냉각 종료온도가 너무 높은 비교예 3은 표면 탈탄 및 입계산화가 과도하게 발생하였다.
- [0109] 또한, 권취온도가 너무 낮거나 너무 높은 비교예 4 및 5의 경우에는 표면 탈탄 및 입계산화가 과도하게 발생하였을 뿐만 아니라, 형상이 불량하였다.
- [0110] 그리고, 마무리 열간압연시 온도가 식(1) 보다 낮은 비교예 7 및 8의 경우에는 권취된 코일을 풀 때 표면에 크랙이 발생하였다. 이는, 입계 세멘타이트의 aspect ratio가 30 이하로 분절되어 있는 입계 세멘타이트가 전체 입계 세멘타이트 중 면적분을 50% 미만으로 형성됨에 따라 입계가 취약하게 되어 입계를 따라 크랙 전파가 용이해지기 때문인 것으로 확인된다 (도 3 참조).

도면

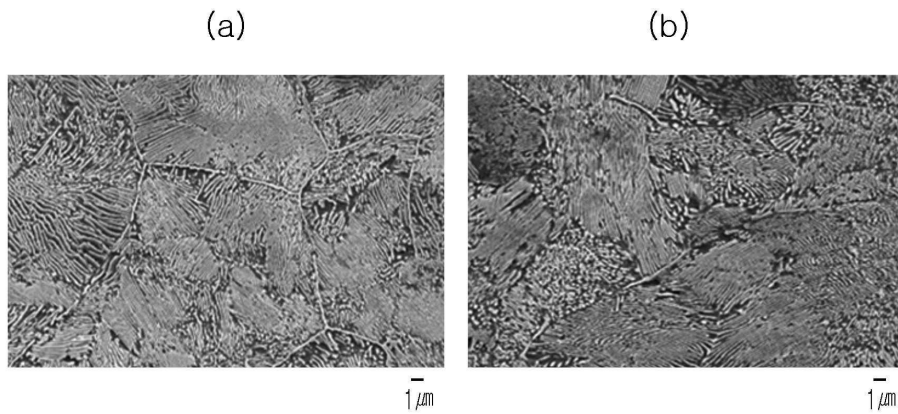
도면1



도면2



도면3



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제8항

【변경전】

입계산화

【변경후】

입계산화