(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0078541
(43) 공개일자 2017년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C21D 6/00 (2006.01) *C21D 1/84* (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) *C22C 38/04* (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) *C22C 38/12* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C21D 6/00 (2013.01)
C21D 1/84 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0181328
(22) 출원일자 2016년12월28일
심사청구일자 2016년12월28일
(30) 우선권주장
1020150187793 2015년12월28일 대한민국(KR)

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
이창훈
경상남도 창원시 성산구 원이대로 449 103동 104호 (반림동,노블파크아파트)
(74) 대리인
특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 9 항

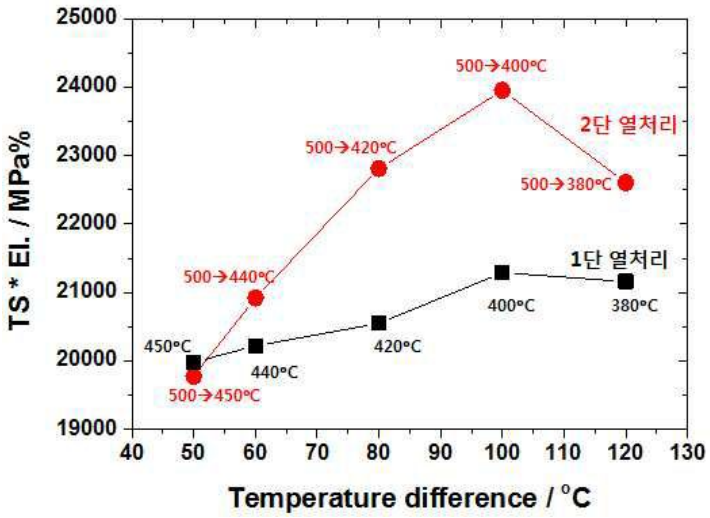
(54) 발명의 명칭 **연신율이 우수한 고강도 강판 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

연신율이 우수한 고강도 강판 및 그 제조 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 고강도 강판 제조 방법은 냉각시 면적률로 10% 이상의 오스테나이트 잔류가 가능한 강판을 페라이트-오스테나이트 2상 영역으로 가열하는 단계; 가열된 강판을 베이나이트 영역에 해당하는 T1까지 1차 냉각하고, 1차 항온변태시키는 단계; 및 1차 항온변태된 강판을 베이나이트 영역에 해당하되 상기 T1보다는 80~120 낮은 T2까지 2차 냉각하고, 2차 항온변태시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C21D 6/005 (2013.01)
C21D 6/008 (2013.01)
C22C 38/02 (2013.01)
C22C 38/04 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
C22C 38/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK4040
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 주요사업
연구과제명 고강도-고연성 double bainite-TRIP강 개발(2/2)
기 여 율 1/1
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2015.01.01 ~ 2015.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

냉각시 면적률로 10% 이상의 오스테나이트 잔류가 가능한 강판을 페라이트-오스테나이트 2상 영역으로 가열하는 단계;

가열된 강판을 베이나이트 영역에 해당하는 T1까지 1차 냉각하고, 1차 항온변태시키는 단계; 및

1차 항온변태된 강판을 베이나이트 영역에 해당하되 상기 T1보다는 80~120 낮은 T2까지 2차 냉각하고, 2차 항온변태시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 1차 항온변태에서 오스테나이트가 베이나이트로 상변태되면서, 필름 형태의 오스테나이트 및 블록 형태의 오스테나이트가 잔류하고,

상기 2차 항온변태에서 1차 항온변태에서 형성된 블록 형태의 오스테나이트가 베이나이트로 추가 변태되면서 필름 형태의 잔류 오스테나이트 분율이 높아지는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 1차 냉각 및 2차 냉각 각각은 20/sec 이상의 평균 냉각속도로 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 강판은 알루미늄을 0.5중량% 이상 함유하고,

상기 T1은 450 이상이고, 상기 1차 항온변태는 3~25초동안 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 강판은 알루미늄을 0.5중량% 이상 함유하고,

상기 2차 항온변태는 40초 이상 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 강판은 중량%로, C: 0.05~0.25%, Mn: 1.0~3.0% 및 Nb : 0.01~0.05%를 포함하고, Si 및 Al 중 1종 이상의

합계로 1.0~2.5%를 포함하며, 나머지 Fe와 불가피한 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 강판은 Al의 함량이 Si의 함량보다 크거나 같고, 상기 Al의 함량이 0.5~2.0중량%인 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 8

중량%로, C: 0.05~0.25%, Mn: 1.0~3.0% 및 Nb : 0.01~0.05%를 포함하고, Si 및 Al 중 1종 이상의 합계로 1.0~2.5%를 포함하며, 나머지 Fe와 불가피한 불순물로 이루어지고,

면적률로, 초석 페라이트 20~60%, 베이나이트 20~60% 및 잔류 오스테나이트 10~30%를 포함하는 미세조직을 갖되,

상기 잔류 오스테나이트는 길이가 폭의 3배 이상인 필름 형상의 잔류 오스테나이트와 길이가 폭의 3배 미만인 블록 형상의 잔류 오스테나이트로 이루어지되, 상기 필름 형상의 잔류 오스테나이트의 면적이 블록 형상의 잔류 오스테나이트 면적보다 더 큰 것을 특징으로 하는 고강도 강판.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 강판은 Al의 함량이 Si의 함량보다 크거나 같고, 상기 Al의 함량이 0.5~2.0중량%인 것을 특징으로 하는 고강도 강판.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고강도 강판 제조 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 연신율이 우수한 고강도 강판 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 변태유기소성(TRIP)강은 강판 내에 잔류시킨 준안정한 오스테나이트 조직이 외부에서 가해지는 소성변형에 의하여 마르텐사이트로 변태되면서 강도와 함께 연성이 향상되는 효과를 얻을 수 있는 강이다.

[0003] 일반적인 강판의 경우, 강도가 증가하면 연신율이 감소하고, 연신율이 증가하면 강도가 감소하나, TRIP강의 경우, 강도 및 연신율이 모두 양호한 특징이 있다.

[0004] 변태유기소성에 반드시 필요한 준안정 잔류오스테나이트가 형성되는 과정은 다음과 같다. 기본조직이 페라이트와 펄라이트로 이루어지고 적정량의 Mn과 Si를 가지고 있는 강판을 페라이트와 오스테나이트가 공존하는 Ac1 ~ Ac3 사이의 적정한 온도에서 유지하면 강판 내의 오스테나이트 안정화 원소, 특히 탄소는 오스테나이트 내에 대부분 고용이 된다.

[0005] 이를 펄라이트 변태영역보다 온도가 낮은 베이나이트 변태 영역으로 급냉한 후 수분간 유지하는 항온변태처리를 하면 오스테나이트에서 베이나이트가 형성되면서 탄소가 베이나이트로부터 오스테나이트로 확산이동되어 오스테나이트 내의 탄소농도는 증가하며, 이에 따라 오스테나이트의 마르텐사이트 변태개시 온도인 Ms 점은 상온 이하까지 낮아질 수 있어 상온에서도 오스테나이트가 마르텐사이트로 변태되지 않고 안정하게 잔류할 수 있다.

[0006] 이러한 잔류 오스테나이트를 포함하고 있는 강판에 소성변형을 가하면, 이 때의 소성변형이 기계적 구동력으로 작용하여 잔류 오스테나이트는 마르텐사이트로 변태되며 마르텐사이트변태에 따른 가공경화율의 증가로 네킹이

지연되어 강도와 함께 연성이 증가된다.

[0007] 본 발명에 관련된 배경기술로는 특허문헌 1이 있다. 상기 특허문헌 1에는 인장강도, 항복강도 및 연신율이 우수한 고강도 냉연강판 및 그 제조방법이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 한국 공개특허공보 제10-2011-0100868호(2011.09.15. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 하나의 목적은 베이나이트 영역에서의 다단 항온변태를 이용하여 필름형 잔류 오스테나이트 분율을 증가시킬 수 있으며, 초석 페라이트, 베이나이트 및 필름형 잔류 오스테나이트를 포함하는 최종 미세 조직을 갖는 고강도 강판 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 필름형 잔류 오스테나이트 분율이 높으며, 아울러 초석 페라이트 및 베이나이트를 포함하는 미세조직을 갖는 연신율이 우수한 고강도 강판을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 하나의 목적을 달성하기 위한 고강도 강판 제조 방법은 냉각시 면적률로 10% 이상의 오스테나이트 잔류가 가능한 강판을 페라이트-오스테나이트 2상 영역으로 가열하는 단계; 가열된 강판을 베이나이트 영역에 해당하는 T1까지 1차 냉각하고, 1차 항온변태시키는 단계; 및 1차 항온변태된 강판을 베이나이트 영역에 해당하되 상기 T1보다는 80~120 낮은 T2까지 2차 냉각하고, 2차 항온변태시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 이때, 상기 1차 항온변태에서 오스테나이트가 베이나이트로 상변태되면서, 필름 형태의 오스테나이트 및 블록 형태의 오스테나이트가 잔류하고, 상기 2차 항온변태에서 1차 항온변태에서 형성된 블록 형태의 오스테나이트가 베이나이트로 추가 변태되면서 필름 형태의 잔류 오스테나이트 분율이 높아질 수 있다.

[0013] 또한, 상기 1차 냉각 및 2차 냉각 각각은 20/sec 이상의 평균 냉각속도로 수행되는 것이 바람직하다.

[0014] 또한, 상기 강판은 알루미늄을 0.5중량% 이상 함유하고, 상기 T1은 450 이상이고, 상기 1차 항온변태는 3~25초 동안 수행될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 강판은 알루미늄을 0.5중량% 이상 함유하고, 상기 2차 항온변태는 40초 이상 수행되는 것이 바람직하다.

[0016] 또한, 상기 강판은 중량%로, C: 0.05~0.25%, Mn: 1.0~3.0% 및 Nb : 0.01~0.05%를 포함하고, Si 및 Al 중 1종 이상의 합계로 1.0~2.5%를 포함하며, 나머지 Fe와 불가피한 불순물로 이루어질 수 있다. 이 경우, 상기 강판은 Al의 함량이 Si의 함량보다 크거나 같고, 상기 Al의 함량이 0.5~2.0중량%일 수 있다.

[0017] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 고강도 강판은 중량%로, C: 0.05~0.25%, Mn: 1.0~3.0% 및 Nb : 0.01~0.05%를 포함하고, Si 및 Al 중 1종 이상의 합계로 1.0~2.5%를 포함하며, 나머지 Fe와 불가피한 불순물로 이루어지고, 면적률로, 초석 페라이트 20~60%, 베이나이트 20~60% 및 잔류 오스테나이트 10~30%를 포함하는 미세조직을 갖되, 상기 잔류 오스테나이트는 길이가 폭의 3배 이상인 필름 형상의 잔류 오스테나이트와 길이가 폭의 3배 미만인 블록 형상의 잔류 오스테나이트로 이루어지되, 상기 필름 형상의 잔류 오스테나이트의 면적이 블록 형상의 잔류 오스테나이트 면적보다 더 큰 것을 특징으로 한다.

[0018] 이때, 상기 강판은 Al의 함량이 Si의 함량보다 크거나 같고, 상기 Al의 함량이 0.5~2.0중량%일 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따른 고강도 강판 제조 방법에 의하면 페라이트-오스테나이트 2상 영역에서의 가열 과정 및 2단 항온 열처리 과정을 통하여 베이나이트 및 초석 페라이트를 포함하면서 필름 형상의 잔류 오스테나이트를 다량 형성

시킴으로써, 연신율이 우수한 고강도 강판을 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 1단 열처리 온도에 따른 TS×El의 변화를 나타내며, 또한 2단 열처리시 2단 항온 열처리 온도 차에 따른 TS×El의 변화를 나타낸 것이다.

도 2는 시편 7, 시편 11 및 시편 2의 미세조직 사진을 나타낸 것이다.

도 3은 시편 7, 시편 11 및 시편 2의 EBSD 관찰 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 상세하게 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0022] 이하, 본 발명에 따른 연신율이 우수한 고강도 강판 및 그 제조 방법에 에 관하여 상세히 설명하기로 한다.

[0023] 본 발명에 따른 고강도 강판을 제조하기 위한 열처리 이전의 강판은 냉각시 면적률로 10% 이상의 오스테나이트 잔류가 가능한 강판이다. 바람직하게는 중량%로, C: 0.05~0.25%, Mn: 1.0~3.0% 및 Nb : 0.01~0.05%를 포함하고, Si 및 Al 중 1종 이상의 합계로 1.0~2.5%를 포함하며, 나머지 Fe와 불가피한 불순물로 이루어지는 합금성분을 갖는 강판을 제시할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 강판은 Fe를 대신하여, 중량%로, P : 0.1% 이하, S : 0.1% 이하 및 N : 0.02% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다. 나아가, 상기 강판은 Fe를 대신하여, 중량%로, Cr : 3.0% 이하, Mo : 1.0% 이하, B : 0.005% 이하, V : 0.5% 이하, Ti : 0.1% 이하 및 Ca : 0.005% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[0025] 이때, 상기 강판은 Al의 함량이 Si의 함량보다 크거나 같고, 상기 Al의 함량이 0.5~2.0중량%인 것이 보다 바람직하다.

[0026] 열처리 이전의 강판의 형태는 열연강판 또는 냉연강판일 수 있으며, 보다 바람직하게는 냉연강판이다.

[0027] 이하, 강판에 포함되는 합금성분들의 역할 및 함량에 대하여 설명하기로 한다.

[0028] 탄소(C)

[0029] 탄소(C)는 잔류 오스테나이트를 다량으로 강판 내에 형성시키기 위한 원소이다.

[0030] 상기 탄소는 강판 전체 중량의 0.05~0.25중량%로 포함되는 것이 바람직하다. 상기 합금 조성에서 탄소의 함량이 0.05중량% 미만일 경우, 최종 미세조직에 10% 이상의 잔류 오스테나이트를 확보하기 어려울 수 있다. 반대로, 탄소의 함량이 0.25중량%를 초과하는 경우, 용접성이 저하될 수 있다.

[0031] 망간(Mn)

[0032] 망간(Mn)은 오스테나이트 안정화 및 강도 향상에 기여한다.

[0033] 상기 망간은 강판 전체 중량의 1.0~3.0중량%로 첨가되는 것이 바람직하다. 망간의 첨가량이 1.0중량% 미만일 경우, 그 첨가 효과가 불충분하다. 반대로, 망간의 첨가량이 3.0중량%를 초과하면 산화스케일 문제 및 도금성 문제 등이 발생할 수 있다.

[0034] 니오븀(Nb)

[0035] 니오븀(Nb)은 석출 강화를 통하여 강판의 강도 향상을 위하여 첨가된다. 본 발명의 경우 탄소 함량이 최대 0.25중량%인 바, 마르텐사이트 조직을 형성하지 않는 이상 본 합금성분만으로는 750MPa 이상의 인장강도 확보가 어렵다. 이에 본 발명에서는 탄소 함량을 낮추면서, 이에 따른 강도 저하를 니오븀 첨가를 통하여 보상하였다.

[0036] 상기 니오븀은 강판 전체 중량의 0.01~0.05중량%로 첨가되는 것이 바람직하다. 니오븀 첨가량이 0.01중량% 미만일 경우, 그 첨가 효과가 불충분하다. 반대로, 니오븀 첨가량이 0.05중량%를 초과하는 경우 주조성 저하 등이

문제될 수 있다.

[0037] 실리콘(Si), 알루미늄(Al)

[0038] 실리콘(Si)은 탈산제로 작용하며, 탄화물 생성을 억제함으로써 잔류오스테나이트 내의 탄소농축에 기여하여 오스테나이트의 열적 기계적 안정성을 증가시키는데 기여한다. 상기 강 중 탈산제 역할을 한다. 또한 실리콘은 페라이트를 안정화시키고, 오스테나이트-페라이트 변태를 촉진하여 페라이트 분율을 증가시키는 역할을 한다.

[0039] 알루미늄(Al)은 통상 탈산제로서 작용하나, 본 발명에서 알루미늄은 오스테나이트-베이나이트 상변태를 촉진함으로써 생산성을 향상시키는 역할을 한다.

[0040] 상기 실리콘 및 알루미늄은 어느 1종만이 첨가되거나 혹은 2종 모두 첨가될 수 있으며, 합계 기준 바람직한 함량은 강판 전체 중량의 1.0~2.5중량%이다. 실리콘과 알루미늄의 합산 함량이 1.0중량% 미만일 경우, 탈산 효과를 얻기 어렵다. 한편, 실리콘과 알루미늄의 합산 함량이 2.5중량%를 초과하는 경우, 도금성 및 용접성이 크게 저하될 수 있다.

[0041] 보다 바람직하게는 Al의 함량이 Si의 함량보다 크거나 같고, 상기 Al의 함량이 0.5~2.0중량%인 것을 제시할 수 있다. Al의 함량이 Si의 함량보다 크거나 같을 때 도금성 저하를 최소화할 수 있다. 알루미늄의 함량이 0.5중량% 이상일 때 오스테나이트-베이나이트 상변태 촉진 효과가 현저하지만, 알루미늄 함량이 2.0중량%를 초과하면 강판 표면 품질이 저하될 수 있다.

[0042] 기타

[0043] 본 발명에 따른 고강도 강판에는 불순물로서 혹은 강도 향상 등 목적을 위하여, 인(P), 황(S), 질소(N), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 보론(B), 바나듐(V), 티타늄(Ti), 칼슘(Ca) 등이 더 포함될 수 있다.

[0044] 인(P), 황(S), 질소(N)는 강도, 가공성, 결정립 미세화 등에 일부 기여하나, 다량 포함될 경우, 인성, 크랙 발생 등을 유발할 수 있는 바, 이들 원소가 포함될 경우, 그 함량을 강판 전체 중량에 대하여 P : 0.1중량% 이하, S : 0.1중량% 이하 및 N : 0.02중량% 이하로 제한하였다.

[0045] 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 보론(B), 바나듐(V), 티타늄(Ti) 등의 원소는 가공경화, 석출경화 등을 통하여 강의 강도 향상에 기여하고, 칼슘(Ca)은 개재물을 구상화하여 강의 청정화에 기여한다. 다만, 이들 성분들이 과다할 경우, 연신율 저하에 의하여 강도와 연신율 조합이 오히려 저하되거나 그 효과가 포화될 수 있으므로, 강판 전체 중량에 대하여 Cr : 3.0중량% 이하, Mo : 1.0중량% 이하, B : 0.005중량% 이하, V : 0.5중량% 이하, Ti : 0.1중량% 이하 및 Ca : 0.005중량% 이하로 제한하였다.

[0046] 상기 합금조성을 갖는 본 발명의 바람직한 예에 따른 고강도 강판은 후술하는 제조 방법과 결부하여, 인장강도(TS)와 연신율(El)의 곱(TS×El)이 22,000 MPa·% 이상을 나타낼 수 있다.

[0047] 아울러, 본 발명에 따른 고강도 강판은 면적률로, 초석 페라이트 20~60%, 베이나이트 20~60% 및 잔류 오스테나이트 10~30%를 포함하는 미세조직을 갖는다.

[0048] 여기서, 초석 페라이트는 페라이트-오스테나이트 2상 영역에서 형성되는 것으로, 본 발명에 따른 고강도 강판에 포함되는 페라이트 조직은 실질적으로 이 초석 페라이트이며, 냉각 과정 중에 발생하는 페라이트는 거의 포함되지 않는다.

[0049] 이때, 잔류 오스테나이트는 필름 형상의 잔류 오스테나이트와 블록 형상의 잔류 오스테나이트로 이루어진다. 본 발명에서 필름 형상의 잔류 오스테나이트는 폭보다 길이가 더 크다고 할 때, 길이가 폭의 3배 이상, 보다 구체적으로는 최대 길이가 최대 폭의 3배 이상인 형태의 잔류 오스테나이트를 의미한다. 또한, 블록 형상의 잔류 오스테나이트는 필름 형상의 잔류 오스테나이트 이외의 잔류 오스테나이트, 즉 길이가 폭의 3배 미만인 형태의 잔류 오스테나이트를 의미한다. 다만, 최대 폭의 길이가 2㎛ 이상일 경우에는 최대 길이가 최대 폭의 3배 이상인 것을 만족하더라도 블록 형상의 잔류 오스테나이트가 될 수 있다.

[0050] 이때, 본 발명에 따른 고강도 강판은 필름 형상의 잔류 오스테나이트의 면적이 블록 형상의 잔류 오스테나이트 면적보다 더 큰고, 보다 바람직하게는 필름 형상의 잔류 오스테나이트의 면적이 잔류 오스테나이트 전체 면적의 60% 이상일 수 있다.

[0051] 이러한 본 발명에 따른 고강도 강판의 미세조직 상의 특징은 후술하는 페라이트-오스테나이트 2상 영역에서의 가열 과정, 베이나이트 영역에서의 다단 항온변태 과정을 포함하는 제조 방법에 의해 달성될 수 있다.

[0052] 본 발명의 실시예에 따른 고강도 강판 제조 방법은 가열 단계, 1차 항온변태 단계 및 2차 항온변태 단계를 포함한다.

[0053] 가열 단계에서는 전술한 합금조성을 갖는 강판을 페라이트-오스테나이트 2상 영역(Ac1 ~ Ac3)으로 가열 유지한다. 페라이트-오스테나이트 2상 영역의 구체적인 온도 범위는 합금 성분에 따라 달라지나, 대략 810~880가 될 수 있다. 이를 통하여, 미세조직이 오스테나이트와 페라이트가 될 수 있다.

[0054] 가열 시간은 페라이트-오스테나이트 2상 영역에서 1분 이상, 예를 들어 1~30분동안 유지하는 방법으로 수행될 수 있다. 가열 시간이 1분 미만일 경우, 오스테나이트 상의 분율이 불충분하고, 가열 시간이 30분을 경과하면 결정립 사이즈 증대로 강판의 물성 저하를 가져올 수 있다.

[0055] 승온 속도는 특별한 제한은 없으나 대략 5~20/sec 정도가 될 수 있다.

[0056] 다음으로, 1차 항온변태 단계에서는 가열된 강판을 베이나이트 영역에 해당하는 T1까지 1차 냉각하고, 1차 항온변태시킨다. 여기서, 베이나이트 영역은 베이나이트 변태시작온도인 Bs 이하 내지 마르텐사이트 변태시작온도인 Ms 이상의 온도 영역을 의미한다.

[0057] 1차 항온변태는 T1에서 수행될 수 있으나, 반드시 이에 제한되지 않고, 공정 설비 조건 등에 따라서는 T1보다 대략 10 정도 낮은 온도에서 수행될 수도 있다. 이러한 개념은 후술하는 2차 항온변태에서도 마찬가지로 적용될 수 있다.

[0058] 베이나이트 영역에서의 1차 항온변태 결과, 오스테나이트의 일부가 베이나이트, 보다 구체적으로는 래스(lath) 형태의 베이나이트로 변태한다. 베이나이트들 사이에는 오스테나이트가 필름 형태의 잔류하나, 베이나이트들이 형성되지 않은 부분에는 대체로 오스테나이트가 블록 형태로 잔류한다.

[0059] 1차 냉각시 평균 냉각 속도는 펄라이트 등의 원하지 않는 상변태 발생을 최대한 억제코자 20/sec 이상, 보다 바람직하게는 30~100/sec의 평균냉각속도를 적용할 수 있다.

[0060] 다음으로, 2차 항온변태 단계(S130)에서는 1차 항온변태된 강판을 베이나이트 영역에 해당하되 T1보다는 80~120 ℃ 낮은 T2까지 20/sec 이상, 예를 들어 20~100/sec 평균냉각속도로 2차 냉각하고, 2차 항온변태시킨다.

[0061] 베이나이트 영역에서의 2차 항온변태 결과, 잔류하는 오스테나이트의 일부가 추가로 베이나이트로 변태된다. 이 과정에서, 블록 형태의 오스테나이트에서 베이나이트가 형성되면서 필름 형태의 잔류 오스테나이트 분율이 높아진다.

[0062] 여기서, 2차 항온변태 온도가 1차 항온변태 온도보다 80 이상 낮은 이유는 2차 항온변태에서 블록 형태의 오스테나이트가 베이나이트로 추가로 충분히 변태되면서 필름형 잔류 오스테나이트 분율이 더 높아져 연신율이 보다 향상될 수 있기 때문이다. 아울러, 2차 항온변태 온도가 1차 항온변태 온도보다 120를 초과하여 지나치게 낮아지면 연신율의 급격한 감소로 인하여 인장강도와 연신율의 곱이 급격히 낮아질 수 있다.

[0063] 즉, 본 발명의 경우, 1차 항온변태에서 오스테나이트가 베이나이트로 상변태되면서, 필름 형태의 오스테나이트 및 블록 형태의 오스테나이트가 잔류하고, 특히, 2차 항온변태에서 1차 항온변태에서 형성된 블록 형태의 오스테나이트가 베이나이트로 추가 변태되면서 필름 형태의 잔류 오스테나이트 분율이 높아지는 것을 특징으로 한다.

[0064] 아울러, 본 발명의 경우, 베이나이트 변태 과정에서 상부/하부 베이나이트 변태의 기준인 탄화물이 실질적으로 생성되지 않는 것이 특징이다. 아울러, 본 발명의 경우, 마르텐사이트 변태를 이용하지 않으므로, 최종 미세조직 중에 마르텐사이트는 실질적으로 포함되지 않는다.

[0065] 한편, 1차 항온변태는 바람직하게는 400~600에서 3~100초동안 수행될 수 있고, 보다 바람직하게는 알루미늄을 0.5중량% 이상 첨가한 강판에 대하여 3~25초 동안 수행하는 것이다. 1차 항온변태시간이 3초 미만인 경우 베이나이트가 충분히 형성되지 않을 수 있다. 반대로, 1차 항온변태시간이 100초를 초과하는 경우, 2차 항온변태후 면적률로 10% 이상의 잔류 오스테나이트 형성이 어려워질 수 있다.

[0066] 또한, 2차 항온변태시 충분한 베이나이트 형성을 위하여, 40초 이상, 보다 바람직하게는 40~150초동안 2차 항온변태시키는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 알루미늄을 0.5중량% 이상 첨가한 강판에 대하여 40~100초동안 2차 항온변태시키는 것을 제시할 수 있다.

[0067] 2차 항온변태 이후에는 공냉, 수냉 등의 방식으로 최종 냉각이 수행될 수 있으며, 최종 냉각은 상온까지 수행될

수 있다.

[0068] **실시예**

[0069] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 통해 본 발명의 구성 및 작용을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 본 발명의 바람직한 예시로 제시된 것이며 어떠한 의미로도 이에 의해 본 발명이 제한되는 것으로 해석될 수는 없다.

[0070] 여기에 기재되지 않은 내용은 이 기술 분야에서 숙련된 자이면 충분히 기술적으로 유추할 수 있는 것이므로 그 설명을 생략하기로 한다.

[0071] **1. 강판 시편의 제조**

[0072] 실시예 및 비교예에 이용된 강판 시편은 중량%로, C : 0.14%, Mn : 2.4%, Si : 0.5%, Al 1.4%, Nb : 0.025%를 포함하고, 나머지가 철과 불순물로 이루어진 냉연강판을 이용하였다.

[0073] 시편 1~5

[0074] 강판 시편을 10/sec의 평균승온속도로 가열하여 830에서 5분동안 가열하고, 50/sec의 평균냉각속도로 500까지 냉각하고 500에서 20초동안 1차 항온 열처리하였다. 이후 50/sec의 평균냉각속도로 380(시편 1), 400(시편 2), 420(시편 3), 440(시편 4) 및 450(시편 5)까지 냉각하고 이 온도에서 50초동안 2차 항온 열처리하였다. 이후, 50/sec의 평균냉각속도로 상온까지 냉각하였다.

[0075] 시편 6~11

[0076] 강판 시편을 10/sec의 평균승온속도로 가열하여 830에서 5분동안 가열하고, 50/sec의 평균냉각속도로 380(시편 6), 400(시편 7), 420(시편 8), 440(시편 9), 450(시편 10), 500(시편 11)까지 냉각하고 400에서 10분동안 항온 열처리하였다. 이후 50/sec의 평균냉각속도로 상온까지 냉각하였다.

[0077] 시편 1~5의 기계적 물성을 표 1에 나타내었고, 시편 6~10의 기계적 물성을 표 2에 나타내었다. 또한, 도 1에 표 1 및 표 2에 기재된 각 시편의 TS×El 결과를 도시하였다.

[0078] [표 1]

	2단 열처리				
시편	1	2	3	4	5
항온 열처리 온도(°C)	500→380	500→400	500→420	500→440	500→450
1→2 단 온도차(°C)	120	100	80	60	50
인장강도 (TS, MPa)	734	758	768	772	804
연신율 (El. %)	30.8	31.6	29.7	27.1	24.6
TS*El (MPa%)	22,607	23,953	22,810	20,921	19,778

[0079]

[0080] [표 2]

	1단 열처리					
시편	6	7	8	9	10	11
항온 열처리 온도(°C)	380	400	420	440	450	500
인장강도 (TS, MPa)	703	712	721	738	754	854
연신율 (El. %)	30.1	29.9	28.5	27.4	26.5	15.8
TS*El (MPa%)	21,160	21,289	20,549	20,221	19,981	13,493

[0081]

[0082] 표 1 및 표 2를 참조하면, 베이나이트 영역에서 1단 항온 열처리를 수행한 경우에 비하여, 베이나이트 영역에서 2단 항온 열처리를 수행한 경우, 전반적으로 높은 인장강도와 연신율의 곱(TS×El)을 나타내었다.

[0083] 특히, 베이나이트 영역에서 2단 항온 열처리를 실시하고, 또한 2단 항온 열처리간 온도 차이가 80~120℃인 시편 1~3의 경우, 시편 6~11 뿐만 아니라 시편 4~5에 비해서도 매우 높은 22,000 MPa·% 이상의 TS×El을 나타내었다. 이로부터 본 발명의 연신율이 우수한 고강도 강판을 안정적으로 제조하기 위해서는 2단 항온 열처리간 온도 차이가 80~120℃인 조건을 충족해야 함을 알 수 있다.

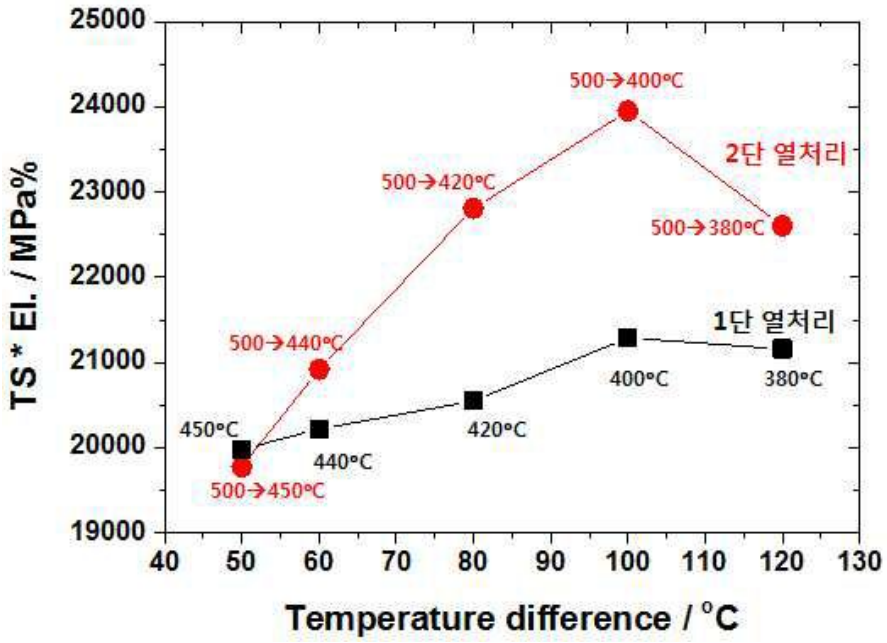
[0084] 도 2는 시편 7, 시편 11 및 시편 2의 미세조직 사진을 나타낸 것이고, 도 3은 시편 7, 시편 11 및 시편 2의 EBSD 관찰 결과를 나타낸 것이다.

[0085] 도 2의 (a) 및 도 3의 (a)를 참조하면, 400℃ 1단 항온 열처리 시편의 경우 블록 형태의 잔류 오스테나이트가 다량 존재함을 알 수 있다. 또한, 도 2의 (b) 및 도 3의 (b)를 참조하면, 500℃ 1단 열처리 시편의 경우에도 블록 형태의 잔류 오스테나이트가 다량 존재함을 알 수 있다. 그러나, 도 2의 (c) 및 도 3의 (c)를 참조하면, 500℃ 및 400℃ 2단 항온 열처리 시편의 경우, 블록 형태의 잔류 오스테나이트가 많이 사라지고, 필름 형태의 잔류 오스테나이트가 주로 관찰되는 것을 볼 수 있다.

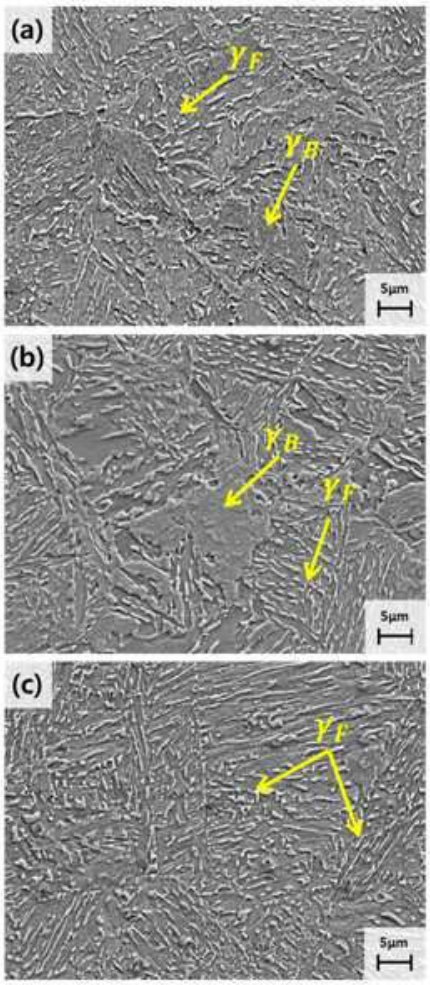
[0086] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 기술자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형은 본 발명이 제공하는 기술 사상의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

도면

도면1


25000
24000
23000
22000
21000
20000
19000
TS * El. / MPa%
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
Temperature difference / °C
500→400°C
2단 열처리
500→420°C
500→380°C
500→440°C
1단 열처리
400°C
380°C
450°C
420°C
440°C
500→450°C

도면2



도면3

