(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0083280
(43) 공개일자 2016년07월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/04 (2006.01) *C21D 6/00* (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0193886
(22) 출원일자 2014년12월30일
심사청구일자 2014년12월30일

(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 15 항

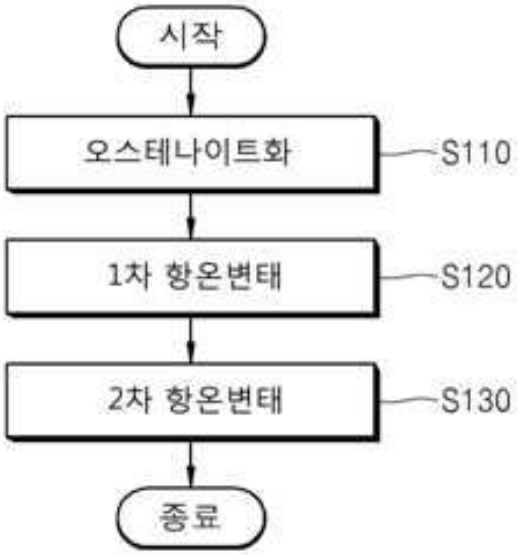
(54) 발명의 명칭 **생산성, 강도와 연성의 조합이 우수한 고강도 강판, 그 제조 방법**

(57) 요 약

생산성이 우수하며, 강도와 연성의 조합이 우수한 고강도 강판, 그 제조 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 고강도 강판 제조 방법은 중량%로, C: 0.2~0.5%, Si: 1.0% 이하, Mn: 1.0~3.0%, Al: 0.5~2.0%를 포함하고, 나머지 Fe와 불가피한 불순물로 이루어지는 강판을 가열하여 오스테나이트화하는 단계; 오스테나이트화된 강판을 베이나이트 영역에 해당하는 T1까지 1차 냉각하고, 1차 항온변태시키는 단계; 및 1차 항온변태된 강판을 베이나이트 영역에 해당하되 상기 T1보다는 50℃ 이상 낮은 T2까지 2차 냉각하고, 2차 항온변태시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK3860
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 산업기술연구회
연구사업명 창의형 연구 및 기획사업
연구과제명 고강도-고연성 double bainite TRIP강 개발(1/2)
기 여 율 1/1
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2014.01.01 ~ 2014.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

중량%로, C: 0.2~0.5%, Si: 1.0% 이하, Mn: 1.0~3.0%, Al: 0.5~2.0%를 포함하고, 나머지 Fe와 불가피한 불순물로 이루어지는 강판을 가열하여 오스테나이트화하는 단계;

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

1차 항온변태된 강판을 베이나이트 영역에 해당하되 상기 T1보다는 50℃ 이상 낮은 T2까지 2차 냉각하고, 2차 항온변태시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 강판은 Si≤Al 및 Si+Al≤2.5중량%인 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 강판은 중량%로, P : 0.1% 이하, S : 0.1% 이하 및 N : 0.02% 이하 중 1종 이상을 더 포함하거나, 중량%로, Cr : 3.0% 이하, Mo : 1.0% 이하, B : 0.005% 이하, Nb : 0.1% 이하, V : 0.5% 이하, Ti : 0.1% 이하 및 Ca : 0.005% 이하 중 1종 이상을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 4

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 5

제1항에 있어서,

상기 오스테나이트화는 Ac3 ~ Ac3 + 200℃에서 1분 이상 유지하는 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

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

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 1차 항온변태는 베이나이트 변태가 면적률로 30~70%되도록 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 T1은 400℃ 이상이고, 상기 1차 항온변태는 3~25초동안 수행되는 것을 특징으로 하는 고강도 강판 제조 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

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

청구항 10

중량%로, C: 0.2~0.5%, Si: 1.0% 이하, Mn: 1.0~3.0%, Al: 0.5~2.0%를 포함하고, 나머지 Fe와 불가피한 불순물로 이루어지고,

베이나이트 및 잔류 오스테나이트를 포함하는 미세조직을 갖되, 상기 잔류 오스테나이트의 면적율이 10% 이상이고,

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 11

제10항에 있어서,

상기 고강도 강판은 Si≤Al 및 Si+Al≤2.5중량%인 것을 특징으로 하는 고강도 강판.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 강판은 중량%로, P : 0.1% 이하, S : 0.1% 이하 및 N : 0.02% 이하 중 1종 이상을 더 포함하거나, 중량%로, Cr : 3.0% 이하, Mo : 1.0% 이하, B : 0.005% 이하, Nb : 0.1% 이하, V : 0.5% 이하, Ti : 0.1% 이하 및 Ca : 0.005% 이하 중 1종 이상을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 강판

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 필름 형상의 잔류 오스테나이트의 면적이 잔류 오스테나이트 전체 면적의 60% 이상인 것을 특징으로 하는

고강도 강판.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 고강도 강판은 인장강도 1000MPa 이상 및 인장강도와 연신율의 곱이 25,000MPa·% 이상을 나타내는 것을 특징으로 하는 고강도 강판.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 고강도 강판은 연신율 25% 이상을 나타내는 것을 특징으로 하는 고강도 강판.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고강도 강판 제조 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 생산성이 우수하며, 강도와 연성 조합이 우수한 고강도 강판, 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. 이를 펄라이트 변태영역보다 온도가 낮은 베이나이트 변태 영역으로 급냉한 후 수분간 유지하는 항온변태처리를 하면 오스테나이트에서 초석 페라이트가 형성되면서 탄소가 페라이트로부터 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. 이러한 잔류 오스테나이트를 포함하고 있는 강판의 소성변형을 가하면, 이 때의 소성변형이 기계적 구동력으로 작용하여 잔류 오스테나이트는 마르텐사이트로 변태되며 마르텐사이트변태에 따른 가공경화율의 증가로 네킹이 지연되어 강도와 함께 연성이 증가된다.

[0005] 본 발명에 관련된 배경기술로는 대한민국 공개특허공보 제10-2011-0100868호(2011.09.15. 공개)에 개시된 인장강도, 항복강도 및 연신율이 우수한 고강도 냉연강판 및 그 제조방법이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 하나의 목적은 베이나이트 영역에서의 다단 항온변태를 이용하여 필름형 잔류 오스테나이트 분율을 증가시킬 수 있으며, 생산성을 향상시킬 수 있는 고강도 강판 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 필름형 잔류 오스테나이트 분율이 높으며, 그 결과 강도와 연성 조합이 우수한 고강도

강판을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 하나의 목적을 달성하기 위한 고강도 강판 제조 방법은 중량%로, C: 0.2~0.5%, Si: 1.0% 이하, Mn: 1.0~3.0%, Al: 0.5~2.0%를 포함하고, 나머지 Fe와 불가피한 불순물로 이루어지는 강판을 가열하여 오스테나이트화하는 단계; 오스테나이트화된 강판을 베이나이트 영역에 해당하는 T1까지 1차 냉각하고, 1차 항온변태시키는 단계; 및 1차 항온변태된 강판을 베이나이트 영역에 해당하되 상기 T1보다는 50℃ 이상 낮은 T2까지 2차 냉각하고, 2차 항온변태시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 이때, 상기 강판은 Si≤Al, Si+Al≤2.5중량%인 것이 보다 바람직하다.

[0010] 또한, 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 한다.

[0011] 또한, 상기 오스테나이트화는 Ac3 ~ Ac3 + 200℃에서 1분 이상 유지하는 방법으로 수행될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 1차 냉각 및 2차 냉각 각각은 20℃/sec 이상의 평균 냉각속도로 수행될 수 있다.

[0013] 또한, 상기 1차 항온변태는 베이나이트 변태가 면적률로 30~70%되도록 수행할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 T1은 400℃ 이상이고, 상기 1차 항온변태는 3초~25초동안 수행될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 2차 항온변태는 40초 이상 수행될 수 있다.

[0016] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 고강도 강판은 중량%로, C: 0.2~0.5%, Si: 1.0% 이하, Mn: 1.0~3.0%, Al: 0.5~2.0%를 포함하고, 나머지 Fe와 불가피한 불순물로 이루어지고, 베이나이트 및 잔류 오스테나이트를 포함하는 미세조직을 갖되, 상기 잔류 오스테나이트의 면적율이 10% 이상이고, 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.

[0017] 이때, 상기 강판은 Si≤Al, Si+Al≤2.5중량%인 것이 보다 바람직하다.

[0018] 또한, 상기 필름 형상의 잔류 오스테나이트의 면적이 잔류 오스테나이트 전체 면적의 60% 이상일 수 있다.

[0019] 또한, 상기 고강도 강판은 인장강도 1000MPa 이상 및 인장강도와 연신율의 곱이 25,000MPa·% 이상을 나타낼 수 있다. 나아가, 상기 고강도 강판은 연신율 25% 이상을 나타낼 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따른 고강도 강판 제조 방법에 의하면 2단 항온 열처리 과정을 통하여 필름 형상의 잔류 오스테나이트를 다량 형성시킴으로써, 강도와 연성이 우수한 고강도 강판을 제조할 수 있다.

[0021] 아울러, 본 발명에 따른 고강도 강판 제조 방법에 의하면, C, Si, Mn 이외에 Al을 0.5중량% 이상 추가 첨가함으로써 항온 열처리 시간을 단축할 수 있으며, 이를 통하여, 생산성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명에 따른 고강도 강판 제조 방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

도 2는 1차 항온변태 결과, 베이나이트가 형성된 것을 개념적으로 나타내는 도면이다.

도 3은 2차 항온변태 결과, 베이나이트가 추가 형성된 것을 개념적으로 나타내는 도면이다.

도 4는 강종 1의 항온변태 다이어그램을 나타낸 것이다.

도 5는 강종 2의 항온변태 다이어그램을 나타낸 것이다.

도 6은 강종 3의 항온변태 다이어그램을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 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.

[0024] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 강도와 연성이 우수한 고강도 강판, 그 제조 방법에 에 관하여 상세히 설명하기로 한다.

[0025] 본 발명에 따른 고강도 강판은 중량%로, C: 0.2~0.5%, Si: 1.0% 이하, Mn: 1.0~3.0%, Al: 0.5~2.0%를 포함한다. 나머지는 Fe와 불가피한 불순물로 이루어질 수 있다.

[0026] 또한, 상기 예에 따른 고강도 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 예에 따른 고강도 강판은 Fe를 대신하여, 중량%로, Cr : 3.0% 이하, Mo : 1.0% 이하, B : 0.005% 이하, Nb : 0.1% 이하, V : 0.5% 이하, Ti : 0.1% 이하 및 Ca : 0.005% 이하 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[0027] 열처리 이전의 강판의 형태는 열연강판 또는 냉연강판일 수 있으며, 보다 바람직하게는 냉연강판이다.

[0028] 이하, 상기 예에 따른 고강도 강판에 포함되는 합금성분들의 역할 및 함량에 대하여 설명하기로 한다.

[0029] 탄소(C)

[0030] 탄소(C)는 잔류 오스테나이트를 다량으로 강판 내에 형성시키기 위한 원소이다.

[0031] 상기 탄소는 강판 전체 중량의 0.2~0.5중량%로 포함되는 것이 바람직하다. 탄소의 함량이 0.2중량% 미만일 경우, 최종 미세조직에 10% 이상의 잔류 오스테나이트를 확보하기 어려울 수 있다. 반대로, 탄소의 함량이 0.5중량%를 초과하는 경우, 용접성이 저하될 수 있다.

[0032] 실리콘(Si)

[0033] 실리콘(Si)은 탄화물 생성을 억제함으로써 잔류오스테나이트 내의 탄소농축에 기여하여 오스테나이트의 열적 기계적 안정성을 증가시키는데 기여한다. 상기 강 중 탈산제 역할을 한다. 또한 실리콘은 페라이트를 안정화시켜 강도에 기여한다. 또한 실리콘은 오스테나이트-페라이트 변태를 촉진하여 페라이트 분율을 증가시키는 역할을 한다.

[0034] 상기 실리콘은 강판 전체 중량의 1.0중량% 이하로 포함되는 것이 바람직하다. 실리콘의 함량이 1.0중량%를 초과하는 경우, 용접성 및 도금성이 저하될 수 있다.

[0035] 망간(Mn)

[0036] 망간(Mn)은 오스테나이트 안정화 및 강도 향상에 기여한다.

[0037] 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.

[0038] 알루미늄(Al)

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

[0040] 상기 알루미늄은 강판 전체 중량의 0.5~2.0중량%로 포함되는 것이 바람직하다. 알루미늄의 첨가량이 0.5중량% 미만에서는 생산성 향상 효과가 불충분할 수 있다. 반대로, 알루미늄의 첨가량이 2.0중량%를 초과하는 경우, 강판 표면 품질이 문제시될 수 있다.

[0041] 한편, 상기 실리콘과 알루미늄은 Si≤Al, Si+Al≤2.5중량%인 것이 표면 품질 및 도금성 측면에서 보다 바람직하다.

[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), 니오븀(Nb), 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), 니오븀(Nb), 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, Nb : 0.1중량% 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 1000MPa 이상 및 인장강도와 연신율의 곱이 25,000MPa·% 이상을 나타낼 수 있다. 나아가, 본 발명에 따른 고강도 강판은 연신율 25% 이상을 나타낼 수 있다.

[0047] 또한, 본 발명에 따른 고강도 강판은 베이나이트 및 잔류 오스테나이트를 포함하는 미세조직을 갖는다. 이때, 잔류 오스테나이트는 면적율이 10% 이상이다. 또한, 잔류 오스테나이트는 필름 형상의 잔류 오스테나이트와 블록 형상의 잔류 오스테나이트로 이루어진다.

[0048] 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.

[0049] 이때, 본 발명에 따른 고강도 강판은 필름 형상의 잔류 오스테나이트의 면적이 블록 형상의 잔류 오스테나이트 면적보다 더 큰 것을 특징으로 한다.

[0050] 보다 구체적으로는 필름 형상의 잔류 오스테나이트의 면적이 잔류 오스테나이트 전체 면적의 60% 이상일 수 있다.

[0051] 이러한 본 발명에 따른 고강도 강판의 미세조직 상의 특징은 후술하는 베이나이트 영역에서의 다단 항온변태를 포함하는 제조 방법에 의해 달성될 수 있다.

[0052] 도 1은 본 발명에 따른 고강도 강판 제조 방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

[0053] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 고강도 강판 제조 방법은 오스테나이트화 단계(S110), 1차 항온변태 단계(S120) 및 2차 항온변태 단계(S130)를 포함한다.

[0054] 오스테나이트화 단계(S110)에서는 전술한 합금조성을 갖는 강판을 가열하여 오스테나이트화한다. 이를 통하여, 미세조직이 풀 오스테나이트화될 수 있다.

[0055] 오스테나이트화는 Ac3 ~ Ac3 + 200℃에서 1분 이상, 예를 들어 1~30분동안 유지하는 방법으로 수행될 수 있다. 오스테나이트화 온도가 Ac3 미만인 경우, 페라이트가 다량 잔존하게 되며, 오스테나이트화 온도가 Ac3 + 200℃를 초과할 경우, 결정립 사이즈가 지나치게 증가할 수 있다. 또한, 오스테나이트화가 1분 미만일 경우, 오스테나이트화가 불충분할 수 있다.

[0056] 다음으로, 1차 항온변태 단계(S120)에서는 오스테나이트화된 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, 도 2에 도시된 예와 같이 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 항온변태는 베이나이트 변태가 면적률로 30~70%되도록 수행될 수 있다. 이는 래스 형태의 베이나이트 사이의 필름 형태의 잔류 오스테나이트 형성, 그리고 2차 항온변태 후 면적률로 10% 이상의 잔류 오스테나이트 형성을 고려한 것이다.

[0060] 1차 냉각시 평균 냉각 속도는 페라이트 등의 상변태 발생을 최대한 억제코자 20℃/sec 이상, 보다 바람직하게는 50~100℃/sec의 평균냉각속도를 적용할 수 있다.

[0061] 다음으로, 2차 항온변태 단계(S130)에서는 1차 항온변태된 강판을 베이나이트 영역에 해당하되 T1보다는 50℃ 이상 낮은 T2까지 20℃/sec 이상, 예를 들어 20~100℃/sec 평균냉각속도로 2차 냉각하고, 2차 항온변태시킨다.

[0062] 베이나이트 영역에서의 2차 항온변태 결과, 도 3에 도시된 예와 같이 잔류하는 오스테나이트의 일부가 추가로 베이나이트로 변태된다. 이 과정에서, 블록 형태의 오스테나이트에서 베이나이트가 형성되면서 필름 형태의 잔류 오스테나이트 분율이 높아진다.

[0063] 여기서, 2차 항온변태 온도가 1차 항온변태 온도보다 50℃ 이상 낮은 이유는 후술하는 실시예에서 볼 수 있는 바와 같이, 2차 항온변태 온도와 1차 항온변태 온도의 온도 차이가 50℃ 미만인 경우, 강도가 크게 감소하여, 강도 연신율 조합이 좋지 못한 결과를 나타내었기 때문이다.

[0064] 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.

[0065] 한편, 1차 항온변태는 400~600℃에서 3~25초동안 수행될 수 있다. 본 발명의 경우 알루미늄을 0.5중량% 이상 첨가한 결과 오스테나이트-베이나이트 상변태가 촉진되어 상변태 시간을 25초 이내로 감축시킬 수 있다. 1차 항온변태시간이 3초 미만인 경우 베이나이트가 충분히 형성되지 않을 수 있다. 반대로, 1차 항온변태시간이 25초를 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 40~80초동안 2차 항온

변태시키는 것이 바람직하다. 알루미늄이 첨가되지 않는 경우 2차 항온변태는 대략 100초 이상 요구되나, 본 발명의 경우, 알루미늄 첨가 효과를 통하여 2차 항온변태 역시 40초 이상으로 감축시킬 수 있었다.

[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] 표 1에 기재된 합금성분을 갖는 냉연강판 시편을 900℃에서 10분동안 오스테나이트화하고, 60℃/sec의 평균냉각속도로 표 2에 기재된 1차 항온변태온도까지 1차 냉각하여 그 온도에서 1차 항온변태시키고, 이후 25℃/sec의 평균냉각속도로 표 2에 기재된 2차 항온변태온도까지 2차 냉각하여 60초동안 2차 항온변태시킨 후, 30℃/sec의 평균냉각속도로 25℃까지 최종 냉각하여 강판 시편 1~6을 제조하였다.

[0073] [표 1]

[0074]

강종	C	Si	Mn	Al	비고
1	0.30	1.5	2.0		비교강 1
2	0.31	0.7	2.0	0.8	발명강 1
3	0.29		2.0	1.5	발명강 2

[0075] [표 2]

[0076]

시편	강종	1 차 항온변태 (°C)	1 차 항온변태 유지 시간	2 차 항온변태 (°C)	구분
1	1	450	5 초	400	비교재
2	2	450	15 초	400	발명재
3	2	450	50 초	400	비교재
4	3	450	10 초	400	발명재
5	3	450	50 초	400	비교재

[0077] **2. 미세조직 및 물성평가**

[0078] 제조된 강판 시편들에 대하여, SEM 사진 및 TEM 사진 분석을 통하여 잔류 오스테나이트 분율을 계산하였으며, 최대 길이가 최대 폭의 3배 이상인 것을 필름 형태의 잔류 오스테나이트로 하였다. 또한, 제조된 강판 시편들에 대하여, 인장시험을 실시하여 인장강도 및 연신율을 측정하였다.

[0079] 그 결과를 표 3에 나타내었다.

[0080] 표 3에서 γ분율는 잔류 오스테나이트 분율을 의미하며, f-γ 분율는 잔류 오스테나이트 내 필름 형태의 잔류 오스테나이트의 분율을 의미한다.

[0081] [표 3]

[0082]

시편	강종	인장강도 (MPa)	연신율 (%)	인장강도 * 연신율 (MPa%)	γ 분율 (%)	f-γ 분율(%)	구분
1	1	1118	19	21,242	8	52	비교재
2	2	1012	31	31,372	15	65	발명재
3	2	943	24	22,632	14	51	비교재
4	3	1037	29	30,073	13	67	발명재
5	3	971	23	22,333	15	52	비교재

[0083] 표 1을 참조하면, 본 발명에서 제시한 합금 조성 및 1차 항온변태 및 2차 항온변태 조건을 만족하는 시편 2, 4의 경우, 인장강도 1000MPa 이상 및 인장강도와 연신율의 곱이 25,000MPa·% 이상을 나타내었으며, 또한, 연신율 25% 이상을 나타내었다.

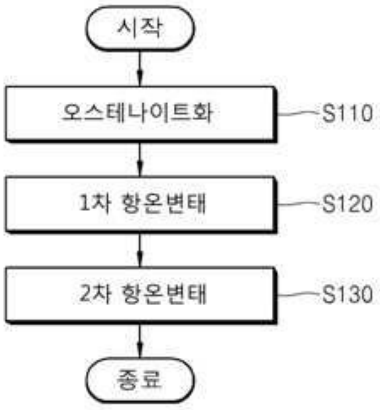
[0084] 반면, 합금 조성을 만족하지 않거나(시편 1), 합금 조성은 만족하나 1차 항온변태 온도시간이 25초를 초과하는 경우(시편 3, 5), 인장강도가 1000MPa 미만이거나, 인장강도와 연신율의 곱이 25,000MPa·%에 미치지 못하였다.

[0085] 도 4는 강종 1의 항온변태 다이어그램을 나타낸 것이고, 도 5는 강종 2의 항온변태 다이어그램을 나타낸 것이고, 도 6은 강종 3의 항온변태 다이어그램을 나타낸 것이다. 도 4 내지 도 6을 참조하면, Al이 첨가되지 않은 강종 1에 비하여, Al이 0.5중량% 이상 첨가된 강종 2 및 강종 3의 경우 변태시간이 현저히 감소되는 것을 볼 수 있다.

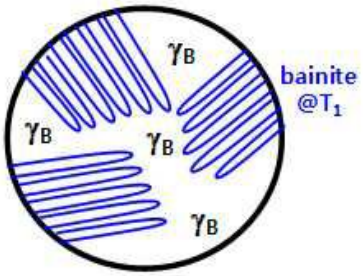
[0086] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 기술자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형은 본 발명이 제공하는 기술 사상의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

도면

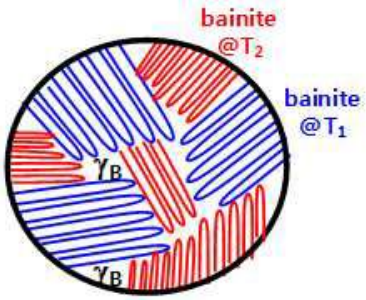
도면1



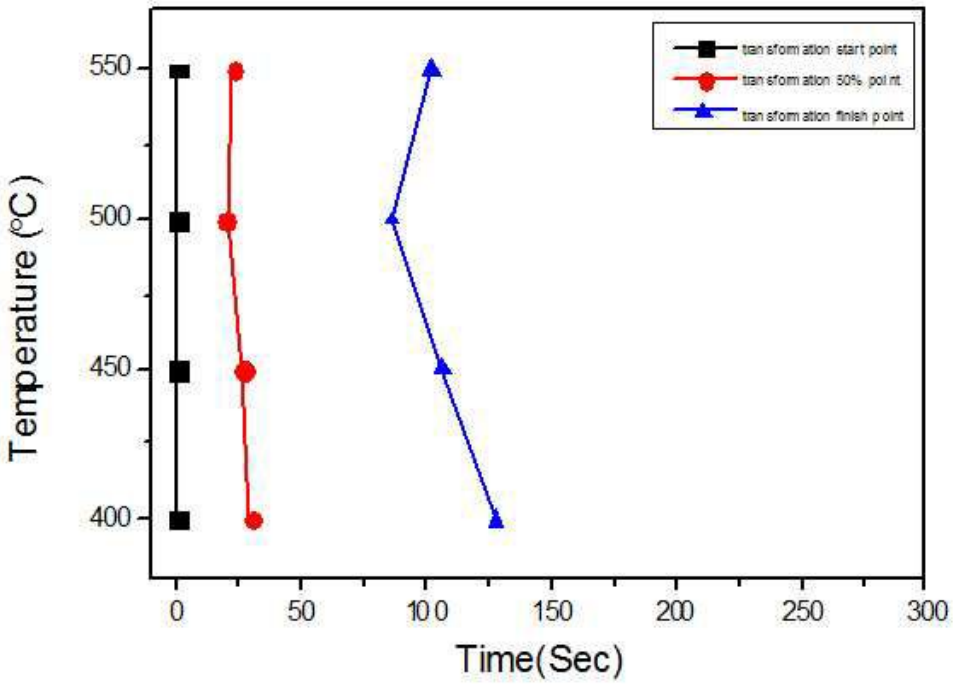
도면2


γB
bainite
@T1
γB
γB
γB

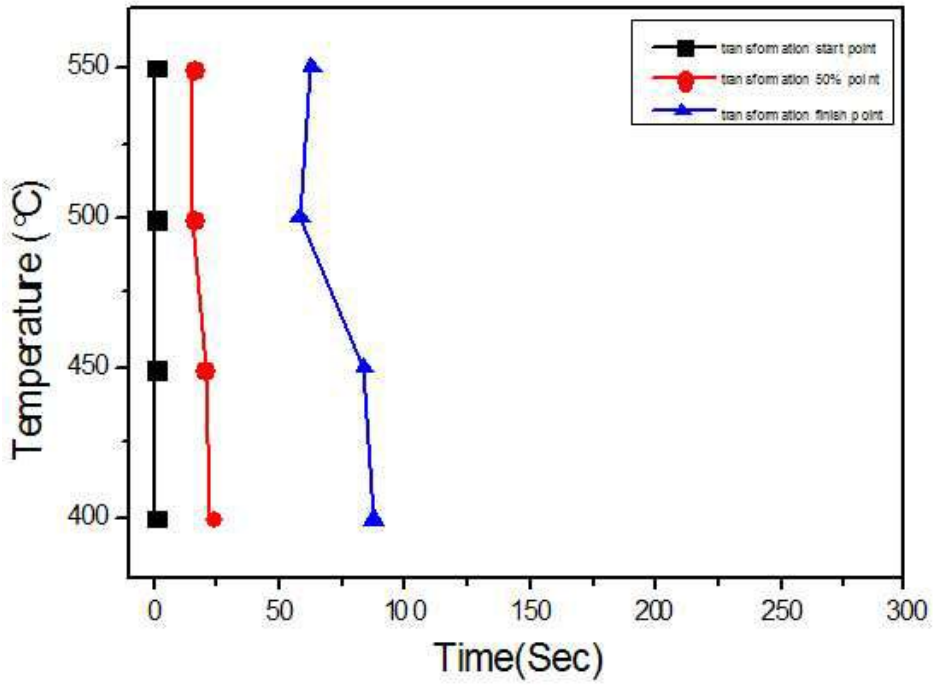
도면3


bainite
@T2
bainite
@T1
γB
γB

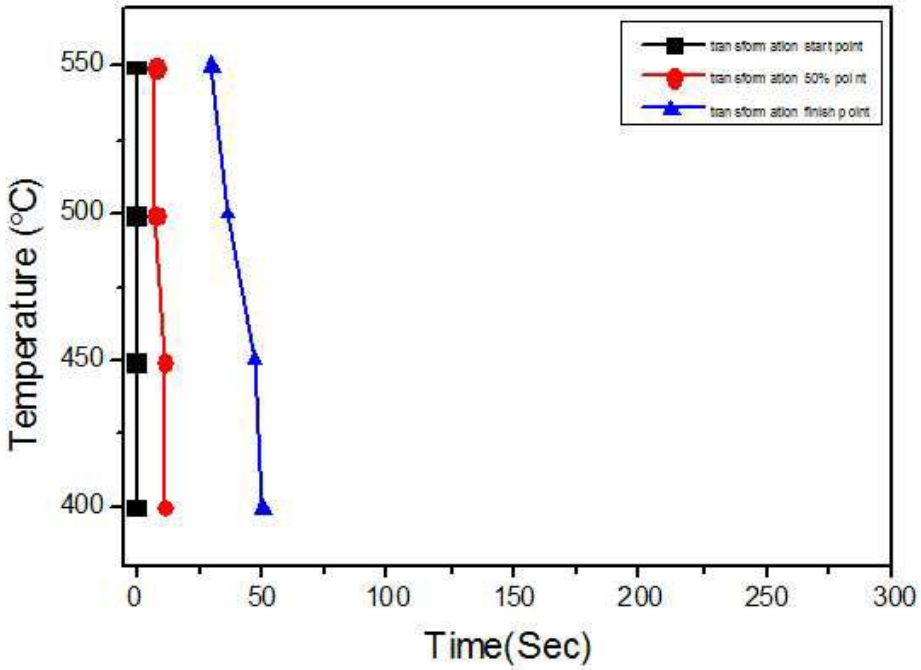
도면4


transformation start point
transformation 50% point
transformation finish point
Temperature (°C)
550
500
450
400
0
50
100
150
200
250
300
Time(Sec)

도면5


transformation start point
transformation 50% point
transformation finish point
Temperature (℃)
550
500
450
400
0
50
100
150
200
250
300
Time(Sec)

도면6


transformation start point
transformation 50% point
transformation finish point
Temperature (℃)
550
500
450
400
0
50
100
150
200
250
300
Time(Sec)