(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0062438
(43) 공개일자 2020년06월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/04 (2006.01) *C21D 8/02* (2006.01)
C21D 8/04 (2006.01) *C21D 9/00* (2014.01)
C22C 38/06 (2006.01) *C22C 38/12* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/04 (2013.01)
C21D 8/0226 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0147344
(22) 출원일자 2018년11월26일
심사청구일자 2018년11월26일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
박준영
경상남도 창원시 창원시 성산구 동산로61번길 30
박성준
경상남도 창원시 성산구 원이대로 449, 127동 103호 (반림동,노블파크아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유한) 대아

전체 청구항 수 : 총 9 항

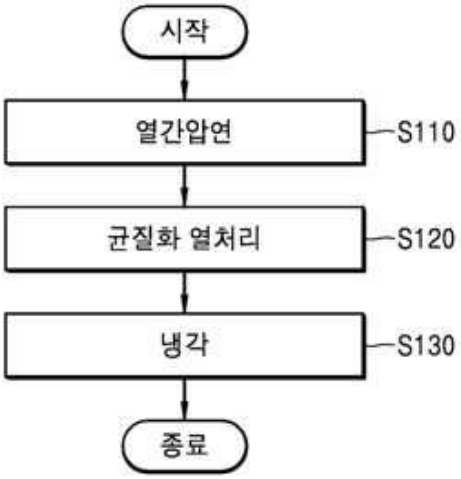
(54) 발명의 명칭 **고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

Fe-C-Mn-Al 합금 조성에서 Al의 함량과 냉각속도 간의 상관 관계를 통하여 고인성을 확보할 수 있는 최소한의 냉각속도를 알아낸 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 및 그 제조 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법은 (a) 망간(Mn) : 28 ~ 32 중량%, 알루미늄(Al) : 7.5 ~ 10.5 중량%, 탄소(C) : 0.9 ~ 1.1 중량% 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물을 포함하는 강재를 열간압연하는 단계; (b) 상기 열간압연된 강재를 균질화 열처리하는 단계; 및 (c) 상기 균질화 열처리된 강재를 20℃/min 이상의 냉각속도로 냉각하는 단계;를 포함하며, 상기 (c) 단계 이후, 상기 강재는 25℃에서의 충격흡수에너지가 50J 이상을 갖는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C21D 8/0463 (2013.01)
C21D 9/0062 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
C22C 38/12 (2013.01)
C21D 2211/001 (2013.01)

(72) 발명자
강전연
경상남도 창원시 성산구 토월로 32 (가음정동)
김성대
부산광역시 북구 낙동북로 737, 109동 706호(구포동, 유림노르웨이숲아파트)
문준오
경상남도 창원시 성산구 원이대로 774, 309동 101호(상남동, 성원아파트)
이창훈
경상남도 창원시 성산구 원이대로 449 103동 104호 (반림동,노블파크아파트)
이태호
경상남도 창원시 마산회원구 호원로 359 코오롱 하늘채 213동 101호
장재훈
경상북도 포항시 남구 행복길 1059동 301호
하헌영
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 재료연구소

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK5690
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 주요사업
연구과제명 발전부품용 경량철강소재 실용화 기반 기술 개발(1/3B)
기 여 율 1/1
주관기관 국가과학기술연구회
연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 망간(Mn) : 28 ~ 32 중량%, 알루미늄(Al) : 7.5~ 10.5 중량%, 탄소(C) : 0.9 ~ 1.1 중량% 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물을 포함하는 강재를 열간압연하는 단계;

(b) 상기 열간압연된 강재를 균질화 열처리하는 단계; 및

(c) 상기 균질화 열처리된 강재를 20℃/min 이상의 냉각속도로 냉각하는 단계;를 포함하며,

상기 (c) 단계 이후, 상기 강재는 25℃에서의 충격흡수에너지가 50J 이상을 갖는 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계에서,

상기 강재에는

몰리브덴(Mo) : 1.5 ~ 2.5 중량%가 더 첨가되어 있는 것을 특징으로 하는 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서,

상기 냉각은

20 ~ 21,000℃/min의 냉각속도로 실시하는 것을 특징으로 하는 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계 이후,

상기 강재는

7g/㎤ 이하의 밀도를 갖는 것을 특징으로 하는 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법.

청구항 5

제1에 있어서,

상기 (c) 단계 이후,

상기 강재는

200Hv 이상의 비커스 경도를 갖는 것을 특징으로 하는 고강도 및 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법.

청구항 6

망간(Mn) : 28 ~ 32 중량%, 알루미늄(Al) : 7.5 ~ 10.5 중량%, 탄소(C) : 0.9 ~ 1.1 중량% 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물을 포함하며,

열간압연 및 균질화 열처리를 실시한 후, 20℃/min 이상의 냉각속도로 냉각하여 제조되어, 25℃에서의 충격흡수에너지가 50J 이상을 갖는 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 강재에는

몰리브덴(Mo) : 1.5 ~ 2.5 중량%가 더 첨가되어 있는 것을 특징으로 하는 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 강재는

7g/㎤ 이하의 밀도를 갖는 것을 특징으로 하는 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재.

청구항 9

제6에 있어서,

상기 강재는

200Hv 이상의 비커스 경도를 갖는 것을 특징으로 하는 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 오스테나이트계 경량 강재 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 Fe-C-Mn-Al 합금 조성에서 Al의 함량과 냉각속도 간의 상관 관계를 통하여 고인성을 확보할 수 있는 최소한의 냉각속도를 알아낸 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 화석연료 고갈에 따른 에너지 자원 가격 상승과 환경오염 문제로 인해 연비 및 환경 규제가 강화되면서, 자동차 및 수송기기의 구조재료분야에서는 에너지 효율을 증가시키기 위한 차체 경량화 기술이 중요시되고 있다.

[0004] 자동차용 철강소재 연구는 대부분 DP(dual phase) 강, TRIP(transformation-induced plasticity) 강, TWIP(twin-induced plasticity) 강과 같은 고강도강 개발을 통해 부품의 두께를 감소시키는 방향으로 진행되어 왔다.

[0005] 그러나, 부품 두께 감소는 강성 저하로 이어져, 진동과 소음 증가의 원인이 될 수 있어, 고강도화를 통한 경량

화 연구는 점차 한계에 이르고 있다.

[0006] 한편, 경량 강재는 낮은 원자량을 갖는 Al을 다량 함유하여 낮은 밀도를 가지면서, 높은 강도 및 우수한 연성을 확보할 수 있어, 2000년대 이후 경량화를 위한 소재로서 많은 관심을 받고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 Fe-C-Mn-Al 합금 조성에서 Al의 함량과 냉각속도 간의 상관 관계를 통하여 고인성을 확보할 수 있는 최소한의 냉각속도를 알아낸 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법은 (a) 망간(Mn) : 28 ~ 32 중량%, 알루미늄(Al) : 7.5 ~ 10.5 중량%, 탄소(C) : 0.9 ~ 1.1 중량% 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물을 포함하는 강재를 열간압연하는 단계; (b) 상기 열간압연된 강재를 균질화 열처리하는 단계; 및 (c) 상기 균질화 열처리된 강재를 20℃/min 이상의 냉각속도로 냉각하는 단계;를 포함하며, 상기 (c) 단계 이후, 상기 강재는 25℃에서의 충격흡수에너지가 50J 이상을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 (a) 단계에서, 상기 강재에는 몰리브덴(Mo) : 1.5 ~ 2.5 중량%가 더 첨가되어 있을 수 있다.

[0012] 상기 (c) 단계에서, 상기 냉각은 20 ~ 21,000℃/min의 냉각속도로 실시하는 것이 보다 바람직하다.

[0013] 또한, 상기 (c) 단계 이후, 상기 강재는 7g/㎤ 이하의 밀도를 갖는다.

[0014] 이에 더불어, 상기 (c) 단계 이후, 상기 강재는 200Hv 이상의 비커스 경도를 갖는다.

[0016] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재는 망간(Mn) : 28 ~ 32 중량%, 알루미늄(Al) : 7.5 ~ 10.5 중량%, 탄소(C) : 0.9 ~ 1.1 중량% 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물을 포함하며, 열간압연 및 균질화 열처리를 실시한 후, 20℃/min 이상의 냉각속도로 냉각하여 제조되어, 25℃에서의 충격흡수에너지가 50J 이상을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0017] 상기 강재에는 몰리브덴(Mo) : 1.5 ~ 2.5 중량%가 더 첨가되어 있을 수 있다.

[0018] 또한, 상기 강재는 7g/㎤ 이하의 밀도를 갖는다.

[0019] 이에 더불어, 상기 강재는 200Hv 이상의 비커스 경도를 갖는다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따른 본 발명의 실시예에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 및 그 제조 방법은 Fe-C-Mn-Al 합금 조성에서 Al의 함량과 냉각속도 간의 상관 관계를 통하여 고인성을 확보할 수 있는 냉각속도의 하한값을 알아내었다.

[0022] 이 결과, 본 발명에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 및 그 제조 방법은 Fe-C-Mn-Al 합금 조성에서 Al의 함량과 냉각속도 간의 상관 관계를 통하여 200Hv 이상의 비커스 경도 및 7g/㎤ 이하의 밀도를 가지면서, 25℃에서의 충격흡수에너지가 50J 이상을 나타내는 냉각속도의 하한값을 알아내었다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법을 나타낸 공정 순서도.

도 2는 실시예 4에 따른 시편에 대한 TEM 사진.

도 3은 실시예 6 따른 시편에 대한 TEM 사진.

도 4는 비교예 13에 따른 시편에 대한 TEM 사진.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 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. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0026] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 및 그 제조 방법에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0028] 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재

[0029] 본 발명의 실시예에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재는 Fe-C-Mn-Al 합금 조성에서 Al의 함량과 냉각속도 간의 상관 관계를 통하여 200Hv 이상의 비커스 경도를 가지면서, 25℃에서의 충격흡수에너지가 50J 이상을 나타내는 냉각속도의 하한값을 알아내었다.

[0030] 이를 위해, 본 발명의 실시예에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재는 망간(Mn) : 28 ~ 32 중량%, 알루미늄(Al) : 7.5 ~ 10.5 중량%, 탄소(C) : 0.9 ~ 1.1 중량% 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물을 포함하며, 열간압연 및 균질화 열처리를 실시한 후, 20℃/min 이상의 냉각속도로 냉각하여 제조된다.

[0031] 또한, 상기 강재에는 몰리브덴(Mo) : 1.5 ~ 2.5 중량%가 더 첨가되어 있을 수 있다.

[0032] 또한, 상기 강재는 7g/㎤ 이하의 밀도를 갖는다.

[0034] 이하, 본 발명에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재에 포함되는 각 성분의 역할 및 그 함량에 대하여 설명하면 다음과 같다.

[0036] 망간(Mn)

[0037] 망간(Mn)은 오스테나이트 안정화 원소이다. 이때, 본 발명에 따른 오스테나이트계 경량 강재는 종래의 쌍정유기 소성(TWIP, TWin Induced Plasticity) 강에 비해 페라이트 안정화 원소인 Al이 다량 첨가되어 있으며, 이로 인해 오스테나이트계 단상 조직을 갖는 오스테나이트계 경량 강재를 제조하기 위해서는 TWIP 강에 비해서 망간(Mn) 함량을 28 중량% 이상으로 증가시켜야 한다. 다만, 망간(Mn)의 첨가량이 32 중량%를 초과하여 과도하게 첨가될 경우에는 취약한 β-Mn 상의 생성을 촉진시켜서 연성과 인성을 저하시키는 요인으로 작용한다.

[0038] 따라서, 망간(Mn)은 본 발명에 따른 오스테나이트계 경량 강재 전체 중량의 28 ~ 32 중량%의 함량비로 첨가되는 것이 바람직하고, 보다 바람직한 범위로는 29 ~ 30 중량%를 제시할 수 있다.

[0040] 알루미늄(Al)

[0041] 알루미늄(Al)은 경량화를 위해 필수적인 원소로서, Fe 원자에 비해서 가벼우면서 몰 당 부피가 커서 강의 밀도를 낮추는 효과가 있다. 다만, 알루미늄(Al)의 함량이 10.5 중량%를 초과하여 다량 첨가되면서 냉각 속도가 느려지면 인성(toughness)이 저하된다. 따라서, 본 발명에서는 알루미늄이 10.5 중량 이하의 함량비로 첨가되면서, 냉각 속도를 20℃/min 이상, 보다 바람직하게는 20 ~ 21,000℃/min로 제어해야 고인성을 확보할 수 있다는 것을 알아내었다.

[0042] 보다 바람직하게, 상기 알루미늄(Al)은 본 발명에 따른 오스테나이트계 경량 강재 전체 중량의 7.5 ~ 10.5 중량

%의 함량비로 첨가되고, 보다 더 바람직한 범위로는 8.0 ~ 10.4 중량%를 제시할 수 있다. 알루미늄(Al)의 첨가량이 7.5 중량% 미만일 경우에는 그 첨가량이 불충분하여 경량화 효과를 제대로 발휘하는데 어려움이 따를 수 있다. 반대로, 알루미늄(Al)의 첨가량이 10.5 중량%를 초과할 경우에는 오스테나이트 상의 안정성을 떨어뜨리고 페라이트 및 다량의 Fe_3AlC 타입의 κ-carbide 석출물을 생성시킴에 따라 충격인성을 저하시킬 수 있다.

[0044] 탄소(C)

[0045] 탄소(C)는 오스테나이트 안정화 원소로서, 오스테나이트계 경량 강재의 제조를 위해 필요하며, 또한 탄화물 형성을 통한 석출강화 효과로 인장강도 증가에 기여한다.

[0046] 상기 탄소(C)는 본 발명에 따른 오스테나이트계 경량 강재 전체 중량의 0.9 ~ 1.1 중량%의 함량비로 첨가되는 것이 바람직하고, 보다 바람직한 범위로는 0.92 ~ 1.01 중량%를 제시할 수 있다. 탄소(C)의 첨가량이 0.9 중량% 미만일 경우에는 그 첨가량이 불충분하여 강도 향상 효과를 제대로 발휘하는데 어려움이 따를 수 있다. 반대로, 탄소(C)의 첨가량이 1.1 중량%를 초과할 경우에는 다량의 Fe_3AlC 타입의 κ-carbide 석출물 생성에 따라 충격인성을 떨어뜨리고 압연 시 균열발생의 원인으로 작용할 수 있다.

[0048] 몰리브덴(Mo)

[0049] 몰리브덴(Mo)은 오스테나이트 내에서 k-carbide의 석출을 지연시키는 원소로서 경량 강재의 인성을 향상시키는데 기여한다.

[0050] 상기 몰리브덴(Mo)은 본 발명에 따른 오스테나이트계 경량 강재 전체 중량의 1.5 ~ 2.5 중량%의 함량비로 첨가되는 것이 바람직하고, 보다 바람직한 범위로는 1.8 ~ 2.0 중량%를 제시할 수 있다. 몰리브덴(Mo)의 첨가량이 1.5 중량% 미만일 경우에는 상기의 효과를 제대로 발휘하기 어렵다. 반대로, 몰리브덴(Mo)의 첨가량이 2.5 중량%를 초과할 경우에는 Mo 탄화물(Mo-enriched carbide)을 형성시킴으로써 강도를 급격하게 증가시키고 인성을 떨어뜨리는 문제를 유발할 수 있다.

[0052] 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법

[0053] 도 1은 본 발명에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법을 나타낸 공정 순서도이다.

[0054] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재 제조 방법은 열간압연 단계(S110), 균질화 열처리 단계(S120) 및 냉각 단계(S130)를 포함한다.

[0056] 열간압연

[0057] 열간압연 단계(S110)에서는 망간(Mn) : 28 ~ 32 중량%, 알루미늄(Al) : 7.5 ~ 10.5 중량%, 탄소(C) : 0.9 ~ 1.1 중량% 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물을 포함하는 강재를 열간압연한다. 이때, 강재에는 몰리브덴(Mo) : 1.5 ~ 2.5 중량%가 더 첨가되어 있을 수 있다.

[0058] 본 단계에서, 열간압연은 900℃ 이상의 마무리 압연온도 조건으로 실시하는 것이 바람직하며, 보다 바람직한 범위로는 900 ~ 1,150℃를 제시할 수 있다. 마무리 압연온도가 900℃ 미만일 경우에는 Fe_3AlC 타입의 κ-carbide이 입계에 다량 형성되어 충격인성을 저하시켜 경량 강재의 제조 과정 중 파손이 발생할 가능성이 높아질 수 있다.

[0060] 균질화 열처리

[0061] 균질화 열처리 단계(S120)에서는 열간압연된 강재를 1,000 ~ 1,100℃에서 1 ~ 3시간 동안 균질화 열처리한다. 이때, 균질화 처리 온도가 1,000℃ 미만일 경우에는 압연 후 냉각 중 발생할 수 있는 Fe_3AlC 타입의 κ-carbide가 용해되지 않을 수 있다. 반대로, 균질화 열처리 온도가 1,100℃를 초과할 경우에는 결정립 조대화로 인하여

강도 및 충격인성이 저하될 수 있다.

[0063] 냉각

[0064] 냉각 단계(S130)에서는 균질화 열처리된 강재를 20℃/min 이상의 냉각 속도로 상온까지 냉각한다. 이때, 상온은 1 ~ 40℃일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0065] 본 단계에서, 냉각은 20 ~ 21,000℃/min의 냉각속도로 실시하는 것이 보다 바람직하다. 이때, 본 발명에서, 알루미늄(Al)의 함량이 10.5 중량%를 초과하여 다량 첨가되면서 냉각속도가 느려지면 인성(toughness)이 저하되는 것을 확인하였다. 이에 따라, 본 발명에서는 알루미늄(Al)이 10.5 중량% 이하의 함량비로 첨가되면서, 냉각속도를 20℃/min 이상, 보다 바람직하게는 20 ~ 21,000℃/min로 제어해야 고인성을 확보할 수 있다는 것을 알아내었다.

[0066] 본 단계에서, 냉각 속도가 20℃/min 미만일 경우에는 냉각시 다량의 조대한 탄화물이 생성되어 목표로 하는 충격인성을 확보하는데 어려움이 따를 수 있다. 반대로, 냉각속도가 21,000℃/min를 초과할 경우에는 강재의 중심부와 표면부의 냉각속도 차이에 의한 열응력으로 강재에 균열이 발생할 가능성이 있으므로, 강재 제조에 어려움이 따를 수 있다.

[0068] 상기의 과정(S110 ~ S130)에 의해 제조되는 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재는 Fe-C-Mn-Al 합금 조성에서 Al의 함량과 냉각속도 간의 상관 관계를 통하여 고인성을 확보할 수 있는 냉각속도의 하한값을 알아내었다.

[0069] 이 결과, 본 발명의 실시예에 따른 방법으로 제조되는 고인성을 갖는 오스테나이트계 경량 강재는 Fe-C-Mn-Al 합금 조성에서 Al의 함량과 냉각속도 간의 상관 관계를 통하여 200Hv 이상의 비커스 경도 및 7g/㎤ 이하의 밀도를 가지면서, 25℃에서의 충격흡수에너지가 50J 이상을 나타내는 냉각속도의 하한값을 알아내었다.

[0071] **실시예**

[0072] 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.

[0073] 여기에 기재되지 않은 내용은 이 기술 분야에서 숙련된 자이면 충분히 기술적으로 유추할 수 있는 것이므로 그 설명을 생략하기로 한다.

[0075] **1. 시편 제조**

[0076] 표 1에 기재된 화학성분을 갖는 잉곳을 진공유도용해로에서 제조한 후, 잉곳을 1,150℃에서 2시간 동안 재가열하고, 1,000℃의 마무리 열간압연 조건으로 12㎜의 두께가 되도록 열간압연을 실시하였다. 이후, 1,050℃에서 2시간 동안 균질화 열처리를 실시한 후, 표 2에 기재된 냉각속도로 상온까지 냉각하여 실시예 1 ~ 15 및 비교예 1 ~ 15에 따른 시편을 제조하였다.

[0078] [표 1] (단위 : 중량%)

구 분	Mn	Al	C	Mo	Cr	Fe
실시예 1 ~ 3	28.7	8.08	1.05	-	-	Bal.
실시예 4 ~ 6	29.8	9	0.92	-	-	Bal.
실시예 7 ~ 9	29.4	10.08	1.08	-	-	Bal.
실시예 10 ~ 12	29.8	10.41	0.92	-	-	Bal.
실시예 13 ~ 15	29.8	10.53	0.93	1.96	-	Bal.
비교예 1 ~ 3	29.5	7.01	0.9	-	-	Bal.
비교예 4 ~ 6	32.22	10.5	1.25	1.93	-	Bal.
비교예 7 ~ 9	29.95	10.65	1.15	-	3.12	Bal.
비교예 10 ~ 12	31.35	11.39	0.89	-	-	Bal.
비교예 13 ~ 15	30.18	12.78	0.86	-	-	Bal.

[0079]

[0081] **2. 기계적 물성 평가**

[0082] 표 2는 실시예 1 ~ 15 및 비교예 1 ~ 15에 따른 시편에 대한 기계적 물성 평가 결과를 나타낸 것이다.

[0084] [표 2]

구 분	미세조직	비커스 경도 (Hv)	충격흡수 에너지 (25℃, J)	밀도 (g/㎤)	냉각속도
목표값	-	≥ 200	≥ 50	≤ 7	-
실시예 1	γ	245	210	6.92	20,000 ℃/min
실시예 2	γ + κ	281	160	6.92	200 ℃/min
실시예 3	γ + κ	305	67	6.92	25 ℃/min
실시예 4	γ	221	323	6.74	20,000 ℃/min
실시예 5	γ + κ	233	292	6.74	200 ℃/min
실시예 6	γ + κ	281	170	6.74	25 ℃/min
실시예 7	γ + α	261	200	6.6	20,000 ℃/min
실시예 8	γ + α + κ	301	130	6.6	200 ℃/min
실시예 9	γ + α + κ	329	55	6.6	25 ℃/min
실시예 10	γ + α	246	259	6.57	20,000 ℃/min
실시예 11	γ + α + κ	319	101	6.57	200 ℃/min
실시예 12	γ + α + κ	325	61	6.57	25 ℃/min
실시예 13	γ + α	260	169	6.62	20,000 ℃/min
실시예 14	γ + α + κ	286	98	6.62	200 ℃/min
실시예 15	γ + α + κ	315	53	6.62	25 ℃/min
비교예 1	γ	195	333	7.05	20,000 ℃/min
비교예 2	γ + κ	210	295	7.05	200 ℃/min
비교예 3	γ + κ	225	205	7.05	25 ℃/min
비교예 4	γ + κ	379	5	6.63	20,000 ℃/min
비교예 5	γ + κ	421	4	6.63	200 ℃/min
비교예 6	γ + κ	491	4	6.63	25 ℃/min
비교예 7	γ + α + κ	332	18	6.6	20,000 ℃/min
비교예 8	γ + α + κ	362	12	6.6	200 ℃/min
비교예 9	γ + α + κ	422	8	6.6	25 ℃/min
비교예 10	γ + α + κ	265	30	6.52	20,000 ℃/min
비교예 11	γ + α + κ	285	15	6.52	200 ℃/min
비교예 12	γ + α + κ	342	6	6.52	25 ℃/min
비교예 13	γ + α + κ	303	8	6.47	20,000 ℃/min
비교예 14	γ + α + κ	323	5	6.47	200 ℃/min
비교예 15	γ + α + β + κ	410	4	6.47	25 ℃/min

[0085]

[0086] 표 1 및 표 2에 도시된 바와 같이, 실시예 1 ~ 15에 따른 시편은 목표값에 해당하는 25℃에서의 충격흡수에너지가 50J 이상을 모두 만족하는 것을 확인할 수 있다.

[0087] 또한, 실시예 1 ~ 15에 따른 시편은 목표값에 해당하는 200Hv 이상의 비커스 경도 및 7g/㎤ 이하의 밀도를 모두 만족하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 실시예 1 ~ 15에 따른 시편은 밀도측정 결과, 9 ~ 10.41wt%의 Al 첨가에 의해 7g/㎤ 이하의 밀도로 측정되어 낮은 비중을 것을 확인할 수 있다.

[0088] 반면, 비교예 4 ~ 15에 따른 시편의 경우, 비커스 경도는 대부분 목표값을 만족하였으나, 25℃에서의 충격흡수에너지가 30J 이하로 측정되어 목표값에 확연히 미달하는 것을 확인할 수 있다.

[0089] 또한, 비교예 1 ~ 3에 따른 시편은 경도 및 25℃에서의 충격흡수에너지가 목표값을 대부분 만족하였으나, Al 첨가량이 7.01wt%로 첨가되는데 기인하여 밀도가 목표값을 벗어난 것을 확인할 수 있다.

[0091] 한편, 도 2는 실시예 4에 따른 시편에 대한 TEM 사진이고, 도 3은 실시예 6 따른 시편에 대한 TEM 사진이며, 도

4는 비교예 13에 따른 시편에 대한 TEM 사진이다.

[0092] 도 2에 도시된 바와 같이, 실시예 4에 따른 시편은 균질화 열처리 후 20,000℃/min의 빠른 냉각속도로 냉각되어 미세조직이 오스테나이트(γ) 단상으로 구성되어 있는 것을 확인할 수 있다.

[0093] 또한, 도 3에 도시된 바와 같이, 실시예 6에 따른 시편은 균질화 열처리 후 25℃/min의 느린 냉각속도로 냉각되어 미세조직이 오스테나이트(γ) 상과, 오스테나이트(γ) 상의 입내에 Fe_3AlC 타입의 κ-carbide가 발달해 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 입계에도 Fe_3AlC 타입의 κ-carbide가 발달되어 있는 것을 확인할 수 있다. 입계와 입내에 Fe_3AlC 타입의 κ-carbide가 발달되어 있으나, 그 양과 크기가 작아 충격인성이 50J 이하로 감소하지 않은 것으로 파악된다.

[0094] 한편, 비교예 13에 따른 시편은 미세조직이 오스테나이트 및 페라이트(γ + α)의 복합 조직을 가지며, 도 4에 도시된 바와 같이, 균질화 열처리 후 20,000℃/min의 빠른 냉각속도를 이용하여 냉각하였음에도, 도 2의 실시예 4와 달리 오스테나이트(γ) 입내 및 입계에 Fe_3AlC 타입의 κ-carbide가 발달해 있는 것을 확인할 수 있다. 상대적으로 높은 Al 함량에 의해 빠른 속도로 냉각되었음에도, 실시예 6과 비교할 때, 상대적으로 입계에는 조대한 Fe_3AlC 타입의 κ-carbide이 형성되고, 입내에는 과도한 양의 Fe_3AlC 타입의 κ-carbide가 발달해 충격인성이 저하된 것으로 판단된다.

[0095] 실시예 4, 6 및 비교예 13에 따른 시편 결과에서 알 수 있듯이, 입계에 형성되는 조대한 κ-carbide와 입내에 다량으로 형성되는 κ-carbide는 충격 인성에 저하를 야기하는 것으로 판단된다. 또한, Al 함량이 10.5 중량%를 초과하여 다량 첨가되는 경량 강재의 경우, Al 증가에 따라 형성될 수 있는 κ-carbide 이외의 다른 상들도 충격 인성 저하에 영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다.

[0097] 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.

부호의 설명

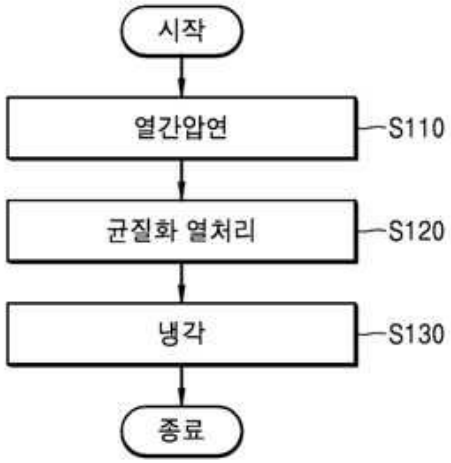
[0099] S110 : 열간압연 단계

S120 : 균질화 열처리 단계

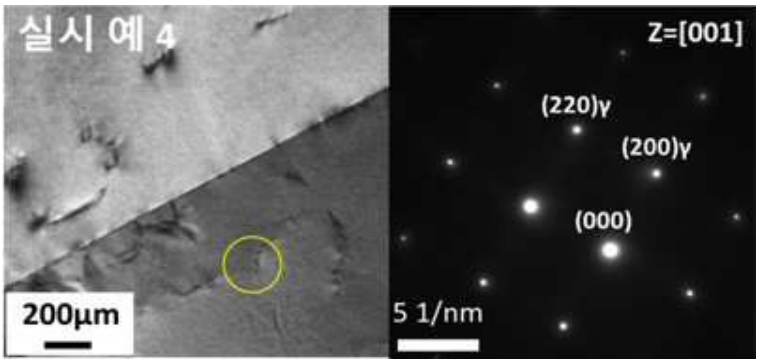
S130 : 냉각 단계

도면

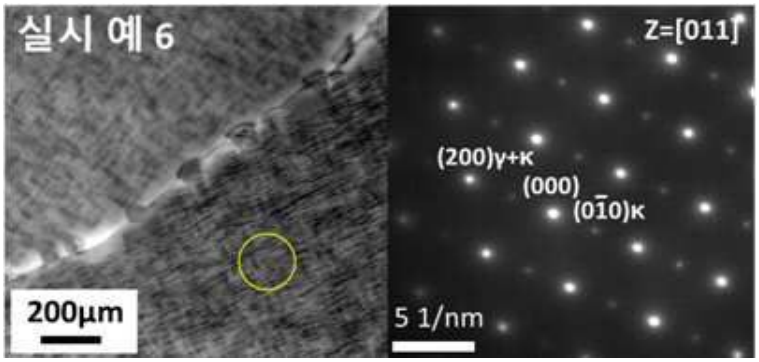
도면1



도면2



도면3



도면4

