



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년10월29일
(11) 등록번호 10-2319479
(24) 등록일자 2021년10월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/04 (2013.01)
C21D 8/0205 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0172118
(22) 출원일자 2020년12월10일
심사청구일자 2020년12월10일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020180126070 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
설재복
경남 진주시 가좌길29번길 63
배효주
경남 진주시 가좌길29번길 63
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김중석

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 윤여분

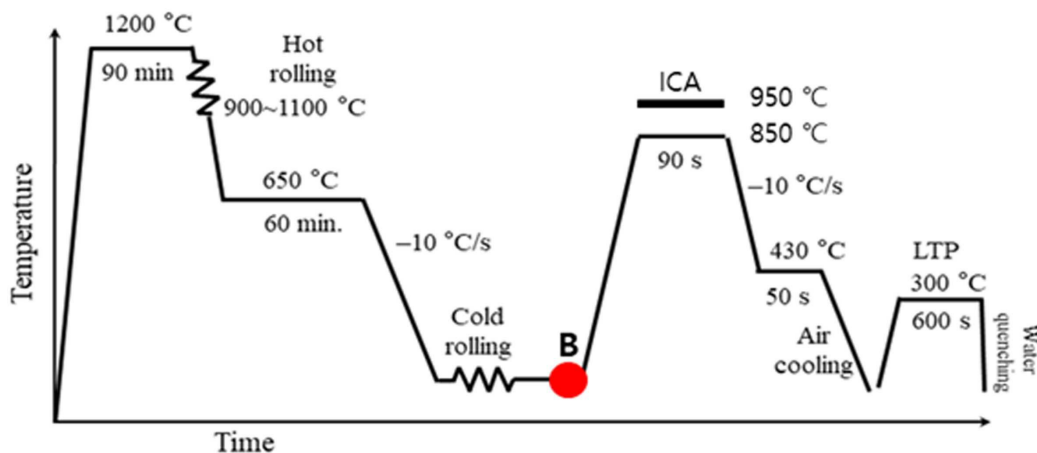
(54) 발명의 명칭 페라이트계 경량 철강의 제조방법 및 이를 이용한 페라이트계 경량 철강

(57) 요약

본 발명은 페라이트계 경량 철강의 제조방법 및 이를 이용한 페라이트계 경량 철강에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 짧은 시간의 저온 템퍼링을 실시하여 조직의 안정성을 최대화하고, 망간 첨가량이 낮으면서 강도를 향상시킨 페라이트계 경량 철강의 제조방법에 관한 것이다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



본 발명에 따른 페라이트계 경량 철강의 제조방법은, 합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리하는 제1단계; 상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연하는 제2단계; 상기 열간압연된 합금을 650℃에서 60분 동안 압연하는 제3단계; 상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭하는 제3단계; 상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70% 감소될 때까지 냉간압연하는 제4단계; 상기 냉간압연한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 이상영역 어닐링(intercritical annealing)을 실시하는 제5단계; 상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s의 냉각속도로 냉각처리하는 제6단계; 상기 냉각처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계; 상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭하는 제8단계; 및 상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)하는 제9단계;에 의해 수행되는 것을 특징으로 한다.

상기 경량 철강은 2.0 내지 3.0 wt% Mn, 5.0내지 6.0 wt% Al 및 0.1 내지 0.3 wt% C의 성분을 함유하는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

C21D 8/0221 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
C21D 2211/001 (2013.01)
C21D 2211/005 (2013.01)

(72) 발명자

고광규

경남 진주시 가좌길29번길 63

김정기

경남 진주시 내동로348번길 10

성효경

경남 진주시 진주역로96번길 15

(56) 선행기술조사문헌

KR101289902 B1
 KR1020180126580 A
 KR1020110104118 A
 KR1020150074959 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711127417
과제번호	2021R1A2C4002622
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	Manufacturing 융합형 적층제조기술을 이용한 chemical gradient 경량철강 및 고엔
트로피합금 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경상대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

2.0 내지 3.0 wt% Mn, 5.0내지 6.0 wt% Al 및 0.1 내지 0.3 wt% C의 성분을 함유하며,
인장강도(tensile strengths)가 900 MPa 내지 1,108 MPa인 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강.

청구항 2

제 1항에 있어서,
상기 경량 철강은,
등온 어닐링 공정 후, 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)을 수행하여 페라이트 및 오스테나이트 이중 입자로 구성되는 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강.

청구항 3

제 2항에 있어서,
상기 페라이트는 부피분율이 76.9%이고, 상기 오스테나이트는 부피분율이 23.1%인 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1항에 있어서,
상기 경량 철강은,
총 연신율(total elongations)이 42.5% 내지 47%인 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강.

청구항 6

제 1항에 있어서,
상기 경량 철강은,
항복강도가 610 MPa 내지 798 MPa 인 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강.

청구항 7

합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리하는 제1단계;
상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연하는 제2단계;
상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭하는 제3단계;

상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70% 감소될 때까지 냉간압연하는 제4단계;

상기 냉간압연한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 이상영역 어닐링(intercritical annealing)을 실시하는 제5단계;

상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s의 냉각속도로 냉각처리하는 제6단계;

상기 냉각처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계;

상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭하는 제8단계; 및

상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)하는 제9단계;에 의해 수행하되,

상기 제9단계를 수행하여 제조된 경량 철강은,

2.0 내지 3.0 wt% Mn, 5.0내지 6.0 wt% Al 및 0.1 내지 0.3 wt% C의 성분을 함유하는 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강의 제조방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 경량 철강은,

상기 제7단계에서 저온열처리공정(LTP)을 통해 페라이트 및 오스테나이트 이중 입자로 구성되는 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강의 제조방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 페라이트는 부피분율이 76.9%이고, 상기 오스테나이트는 부피분율이 23.1%인 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강의 제조방법.

청구항 11

제 7항에 있어서,

상기 경량 철강은,

인장강도(tensile strengths)가 900 MPa 내지 1,108 MPa인 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강의 제조방법.

청구항 12

제 7항에 있어서,

상기 경량 철강은,

총 연신율(total elongations)이 42.5% 내지 47%인 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강의 제조방법.

청구항 13

제 7항에 있어서,
상기 경량 철강은,
항복강도가 610 MPa 내지 798 MPa인 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강의 제조방법.

청구항 14

제 7항에 있어서,
상기 제4단계에서 냉간압연을 실시하여
페라이트 및 κ -카바이드가 교대로 정렬되며 압연방향을 따라 침전 밴드 구조를 생성하는 것을 특징으로 하는
페라이트계 경량 철강의 제조방법.

청구항 15

제 7항에 있어서,
상기 제2단계에서 열간압연하여 두께를 55%까지 감소하는 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강의
제조방법.

청구항 16

제 7항에 있어서,
상기 제4단계에서 냉간압연하여 두께를 70%까지 감소하는 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강의
제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 페라이트계 경량 철강의 제조방법 및 이를 이용한 페라이트계 경량 철강에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 짧은 시간의 저온 템퍼링을 실시하여 조직의 안정성을 최대화하고, 망간 첨가량이 낮으면서 강도를 향상시킨 원가절감형 페라이트계 경량 철강의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로 산업 분야의 경량화 전략을 위해, TWIP(twinning-induced plasticity)에 고 Mn강을 추가하거나, TRIP(transformation-induced plasticity)에 다량의 Al를 추가한다. 1 wt%의 Al를 첨가하면 합금의 밀도가 최대 1.3%까지 감소하지만, 엔지니어링 응용 분야에 대해서는 높은 함량의 Al 경량 또는 저밀도의 TWIP 또는 TRIP 강은 여러 가지 단점이 발생한다. 경량 강의 여러 열역학적 처리 이벤트가 발생하면 높은 밀도의 Al 함량으로 인해 고온에서 면 중심 입방 (f.c.c.) 오스테나이트 입자의 안정성이 크게 감소한다. 이것은 준 안정 오스테나이트 입자의 크기와 분포로 인해 실온에서 오스테나이트 입자를 이질적으로 만든다. 결국, 이중 준 안정한 오스테나이트의 소성 변형 동안 고체 상태 마르텐사이트 변형은 예측할 수 없으며, 인장 시험 동안 작은 변형에서 조기 TRIP 작동을 초래한다.

[0004] 기존의 사용되고 있는 경량 철강은 우수한 연신율을 가지고 있으나, 알루미늄 첨가로 인해서 원하는 강도를 얻기에는 어려움이 있었다. 이를 보완하기 위해 나온 방안이 망간을 첨가하여 강도를 증가시키는 것인데, 많은 양의 망간을 첨가함에 따라 공정비용이 증가하는 결과를 만들게 된다. 이는 경제적인 측면에서 큰 손실을 일으키며 다른 방안의 필요성이 촉구된다.

[0005] 앞서 언급한 단점을 해결하기 위해, 광범위한 산업 응용 분야에서 사용되는 기존의 열 기계 가공 후 본 발명에

서는 저온 템퍼링을 실시하였다. 여기서 저온 템퍼링 경로를 조정하면 중간 탄소 원자를 이중 준 안정 오스테나이트로 분할하여 일반적인 페라이트 기반의 LIGHT-TRIP-DP 강의 강도와 연성이 동시에 향상됨을 보여주었다. 특히 이러한 템퍼링 공정은 준 안정성 오스테나이트 입자에서 높은 전위 밀도의 손실 없이 수행되었다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0007] (비특허문헌 0001) B. B. He et al., Science 357, 1029-1032 (2017).
 (비특허문헌 0002) Y. Wei et al., Nat. Commun. 5, 3580 (2014).
 (비특허문헌 0003) R. O. Ritchie, Nat. Mater. 10, 817-822 (2011).
 (비특허문헌 0004) Z. Li et al., Nature 534, 227-230 (2016).

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위해서 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 초고강도, 연성 및 저밀도의 페라이트계 경량 철강을 제공하는 것이다.
- [0009] 또한, 본 발명의 목적은 Al 및 Mn과 같은 고체 용질 원소를 사용하여 공정 비용이 증가하는 종래의 공정 과정의 문제점을 해결하여 공정 비용을 줄일 수 있는 페라이트계 경량 철강을 제공하는 것이다.
- [0010] 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명에 따른 페라이트계 경량 철강의 제조방법은,
- [0013] 합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리하는 제1단계;
- [0014] 상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연하는 제2단계;
- [0015] 상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭하는 제3단계;
- [0016] 삭제
- [0017] 상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70% 감소될 때까지 냉간압연하는 제4단계;
- [0018] 상기 냉간압연한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 이상영역 어닐링(intercritical annealing, ICA)을 실시하는 제5단계;
- [0019] 상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s의 냉각속도로 냉각처리하는 제6단계;
- [0020] 상기 냉각처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계;
- [0021] 상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭하는 제8단계; 및
- [0022] 상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)하는 제9단계;에 의해 수행되는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 상기 경량 철강은,
- [0024] 2.0 내지 3.0 wt% Mn, 5.0내지 6.0 wt% Al 및 0.1 내지 0.3 wt% C의 성분을 함유하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0026] 상기 과제의 해결 수단에 의해, 본 발명은 초고강도, 연성 및 저밀도의 페라이트계 경량 철강을 제조할 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명은 Al 및 Mn과 같은 고체 용질 원소를 사용하여 공정비용이 증가하는 종래의 공정 과정의 문제점을 해결하여, 공정비용을 줄일 수 있는 원가절감형 페라이트계 경량 철강을 제조할 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은 저온열처리공정(LTP)을 조정하여 일반적인 페라이트계에 기반한 강도와 연성이 동시에 향상된 경량 철강을 제조할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명은 저온열처리공정(LTP)를 통해 조직의 안정성을 최대화 하여 기계적 특성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명인 페라이트계 경량 철강의 제조방법의 시간에 따른 온도 그래프를 나타낸 계략도이다.
- 도 2는 B로 나타낸 도 1의 이상영역 어닐링(intercritical annealing, ICA) 이전 구간의 냉간 압연 강재의 전체 미세 구조를 나타낸 사진이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예로, Thermo-Calc를 사용하여 계산한 온도 함수로 저온열처리공정(이하, LTP) 강철에 대한 페라이트, 오스테나이트 및 κ -카바이드의 평형 상분율을 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 템퍼링 중 준 안정성 오스테나이트 입자 분획의 변화를 나타낸 것으로, (A)는 10분 동안 템퍼링 온도의 함수로서 준 안정성 오스테나이트 입자의 부피분율 이고, (B)는 300℃(상단) 및 400℃(하단)에서 템퍼링된 LTP 강철의 SEM이미지이다.
- 도 5는 인장 시험 전 현재 강철의 미세 구조를 나타낸 TEM 이미지로, LTP 동안 전위 밀도가 손실되지 않음을 나타낸다.
- 도 6은 3D로 재구성된 탄소지도로, 0.1C-850 강 (왼쪽) 및 0.3C-850 강 (오른쪽)의 어닐링 된 γ 입자와 각 강철의 준 안정 γ 입자에서 가져온 C, Mn 및 Al의 해당 1D 농도 프로파일이다.
- 도 7은 fcc-오스테 나이트상의 전형적인 전자 후방 산란 회절 (EBSD) 극도 맵으로, 가로 방향은 0.1C-850 (왼쪽) 및 0.3C-850 강철 (오른쪽)의 평면에 수직이고, RD는 압연 방향, ND는 수직 방향이다.
- 도 8은 템퍼링 전 0.1 및 0.3 wt% C로 임계적으로 어닐링 된 강철의 준 안정 오스테 나이트 입자에 대한 면적 분율 측정한 그래프이다.
- 도 9는 LTP (빨간색) 및 비 LTP (파란색) 강철의 $(220)_{fcc}$ 피크 그래프이다.
- 도 10은 상온 인장 특성을 나타내는 그래프로, (a)는 LTP를 실시한 강을 나타내며, 곡선 b-d는 등온 어닐링으로 처리 된 0.1 wt% C (c 및 d) 및 0.3 wt% C(b)의 비 LTP 강을 나타낸 그래프이다.
- 도 11은 인장 테스트를 거친 LTP 강철의 미세구조로, 다른 스트레인에서 LTP 강철의 싱크로트론 XRD 프로파일이다.
- 도 12는 인장 테스트를 거친 LTP 강철의 미세구조로, 직경이 0.5 μm 이하를 나타낸 미세영역(Small Zone)에 대한 현미경 분석 사진이다.
- 도 13은 인장 테스트를 거친 LTP 강철의 미세구조로, 직경이 3.0 μm 이하의 조대영역(Coarse Zone)에 대한 현미경 분석 사진이다.
- 도 14는 저온열처리공정(LTP) 진행 후 small zone 및 coarse zone에서 압연 변화량($\epsilon=0\%$, $\epsilon=5.2\%$, $\epsilon=13.5\%$, $\epsilon=5.2\%$)에 따른 미세 조직 변화를 나타낸 사진이다. RD는 압연 방향, ND는 RD에 수직인 방향 및 TD는 관측방향이다.
- 도 15는 LTP 진행 전과 후의 강도 비교를 나타낸 그래프이다.
- 도 16은 본 발명인 페라이트계 경량 철강의 제조방법을 나타낸 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

- [0033] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0034] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함” 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.
- [0035] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0036] 본 발명에 대한 해결하고자 하는 과제, 과제의 해결 수단, 발명의 효과를 포함한 구체적인 사항들은 다음에 기재할 실시예 및 도면들에 포함되어 있다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.
- [0037] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명하기로 한다.
- [0039] 종래 사용되고 있는 경량 철강은 우수한 연신율을 가지고 있으나, 알루미늄 첨가로 인해 원하는 강도를 얻기에는 어려움이 있었다. 이를 보완하기 위해 나온 방안이 망간(Mn)을 첨가하여 강도를 증가시키는 것인데, 많은 양의 망간을 첨가하게 되면 공정비용이 증가하는 문제점이 있다. 이는 경제적인 측면에서 큰 손실을 일으키며 다른 방안의 필요성을 요구 되었다. 본 발명은 이러한 이유들로 인해 망간 첨가량은 줄이면서도 원하는 강도를 얻을 수 있는 저온열처리공정(이하, LTP)을 추가적으로 수행 하여 이른바 ‘원가절감형’의 경량 철강을 얻을 수 있다.
- [0041] 일반적으로 금속 합금 및 강철의 fcc 구조 오스테나이트 상은 일반적으로 고온에서 안정적이다. 그러나 LIGHT TRIP-DP(transformation-induced plasticity-dual phase) 재료에 여러 열역학적 처리가 실행되면 고온에서 오스테나이트 입자의 안정성이 크게 저하된다. 이는 상온에서 오스테나이트 입자를 불규칙하게 만들고, 준 안정 오스테나이트 입자의 크기와 분포가 이질적이 된다. LIGHT TRIP-DP 합금은 낮은 Al 함량(5 wt% 미만)의 일반 TRIP-DP와 준 안정성 오스테나이트 입자에서 차이가 발생한다. 즉, 전자는 거친 저온 안정 BCC-페라이트 매트릭스에 묻힌 이질적인 라멜라 준 안정 오스테나이트 입자를 구성하는 반면, 후자는 입자 경계를 따라 동일한 분포를 형성한다. 결국, 이질적인 준 안정 오스테나이트의 소성 변형 동안 고체 상태 마르텐사이트 변형은 예측할 수 없게 되어 인장 시험 중에 작은 변형에서 조기 TRIP가 발생하게 된다.
- [0043] 종래의 공정방법은 높은 온도에서 가열 후 고온압연과 저온압연을 한 뒤, 다시 어닐링하여 사용하는 방법이다. 그러나 앞서 기술한 바와 같이, 기존의 방법은 강도적인 측면에서 취약한 점을 지니고 있고 결정립 크기 불균형이 발생하기 때문에 보완할 필요가 있다. 압연 처리를 진행한 후 미세 조직을 관찰해 보면, 매우 불균질하다는 것을 관찰할 수 있다. 따라서 다시 열처리를 수행하여 재결정 및 상 변태를 일으킨다. 총 두 번의 공정과정이 끝난 이후 앞서 진행한 공정 온도보다 비교적 낮은 온도인 300℃에서 600초 정도 저온열처리공정(이하, LTP)을 진행하는 것이다. 본 발명에서 상기 저온열처리공정(LTP)를 수행하여 조직의 안정성을 최대화 하고 기계적 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0045] 본 발명인 페라이트계 경량 철강은 2.0 내지 3.0 wt% Mn, 5.0내지 6.0 wt% Al 및 0.1 내지 0.3 wt% C의 성분을 함유하는 것을 특징으로 한다. 또한, 상기 페라이트는 부피분율이 76.9%이고, 상기 오스테나이트는 부피분율이 23.1%인 것을 특징으로 한다.
- [0046] 상기 Mn은 2.0 내지 3.0 wt%로 포함하여 공정 비용을 절감하도록 한다.
- [0047] 상기 Al은 5.0내지 6.0 wt%로 포함하여 합금의 질량 밀도를 줄이고, 유해한 Fe-C 기반 침전을 억제하도록 하였다. 도 2는 도 1의 B점인 ICA 이전의 냉간 압연 강재의 전체 미세 구조를 나타낸 것으로, 압연 강은 압연방향(RD)을 따라 페라이트와 C-Al이 풍부한 침전물인 κ -카바이드를 포함하는 이상 미세구조를 나타내고 있다.
- [0048] 상기 C는 0.1 내지 0.3 wt%로 포함하고, 압연 강판은 850℃ 내지 950℃에서 0.1 내지 0.3 wt% C의 모든 압연 강판은 각각 850 및 950 ℃에서 이상영역 어닐링(intercritical annealing, 이하 ICA) 되었다.
- [0049] 일실시예로, 0.3 wt% C를 850℃에서(이하 0.3C-850) ICA(S50)를 실시한 후 등은 어닐링 공정(S70)을 실시한 뒤, 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)을 수행하였더니, 도 4에 나타난 바와 같이 페라이트 및 오스테나이트 이중 입자로 구성되고, 온도가 높아질수록 오스테나이트 분율이 감소하였다. 또한, 400℃를 초과하는 경우

α -페라이트 및 κ -카바이드가 형성되고 오스테나이트 부피분율이 손실됨을 확인하였다.

[0050] 일실시예로, 도 5에 나타난 바와 같이, LTP를 수행한 상태에서 ICA(S50)를 0.3C-850로 수행한 시편에 대해, 10 분 동안 300℃까지 TEM 분석을 수행하였더니 LTP 동안 전위 밀도가 손실되지 않음을 확인할 수 있고, 오스테나이트 안정화를 위해 LTP가 효율적으로 활용될 수 있다.

[0051] LTP를 수행한 이후 페라이트계 경량 철강 성분은 아래 [표 1]과 같다.

표 1

Lightweight Steel (wt.%)	C	Mn	Al	Si	P	Fe
LTP	0.1 ~ 0.3	2.0~3.0	5.0~6.0	<0.01	<0.01	Base

[0055] 도 6의 원자 탐침 단층 촬영(APT)에 의해 나타난 바와 같이, 본 발명에서 LTP 공정 후 준 안정 오스테나이트 입자로 분할되는 C의 농도를 측정하였다. 두 강철 시편 LTP 및 0.3C-850 사이의 다른 오스테나이트 안정화 원소인 Mn의 농도 차이는 검출 오차 범위 내에 있다. 또한, Al 원자는 Mn과 유사한 경향을 보였다. 도 7에 나타난 바와 같이, LTP 샘플을 포함한 모든 강철 시편은 굵은 페라이트 매트릭스에서 층을 이루고 군집된 준 안정 오스테나이트 입자를 구성하는 라멜라형 미세 구조를 나타내었다.

[0056] 어닐링 된(S70) 강에서 준 안정 오스테나이트 입자의 이질성은 위치의 불규칙성을 나타내고 입자 크기가 0.45 내지 4.2 μ m 범위임을 나타낸다. 이러한 이질성은 압연 상태에서 압연방향(RD)을 따라 층을 이루고, 클러스터 된 미세 구조로 인해 발생하게 된다. 도 8에 나타난 바와 같이, 전자 후방 산란 회절(EBSD) 및 기존 X 선 회절(XRD)에 의해 결정된 준 안정 오스테나이트 입자의 면적 분율 측정은 탄소 함량 또는 임계 간 어닐링 온도가 증가하면 더 많은 오스테나이트 분율이 생성되는 것으로 나타났다.

[0057] 도 9에 나타난 바와 같이, 더 많은 틸새 탄소 원자를 준 안정성 오스테나이트 입자로 분할 할 수 있는 LTP 공정은 (220)_{fcc} 평면의 회절 각도를 감소시킨다. 이는 싱크로트론 XRD에 의해 밝혀졌으며 LTP를 통한 fcc-오스테나이트 격자 매개 변수의 증가를 보여준다. 두 강철 사이의 (220)_{fcc} 평면의 계산 된 면 간의 간격(interplanar d-spacing)은 각각 0.12880과 0.12859 nm였다. APT 및 XRD 결과에 따라 준 안정 오스테나이트에 1at % 탄소를 추가하면 (220)_{fcc} 면 간의 간격이 0.00018nm까지 증가한다. 이것은 (111)_{fcc} 슬립 평면의 d- 간격이 LTP에 의해 효과적으로 증가한다는 것을 의미한다.

[0058] 도 10은 강철 (0.3C-850-LTP(a), 0.3C-850(b), 0.1C-850(c) 및 0.1C-950(d))의 공칭응력-변형률 곡선(stress-strain curve)을 나타내었다. LTP를 통해 페라이트 계 LIGHT-TRIP-DP 합금의 상온 인장 특성이 눈에 띄게 개선되었음을 알 수 있다. 항복강도는 (b)의 경우 610MPa에서 LTP 강의 경우 798 MPa로 증가하였다. 최대 인장 강도는 900 MPa에서 1108MPa로 증가하였다. 총 연신율은 42.5%에서 47%(절대 수준)으로 증가하였다. 탄소 함량이 0.3 wt%에서 0.1 wt%로 감소하면 인장 특성이 감소하였다. LTP를 진행한 결과(0.3C-850-LTP(a)) 더 높은 강도를 지니면서 더 큰 변화량을 수용할 수 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 도 15에 나타난 바와 같이, 강도/무게인 비강도를 측정한 결과 LTP를 진행한 철강이 더 높은 것을 관찰하였다.

[0060] 인장시험 중 LPT 강의 전위 밀도를 결정하기 위해, 최종 샘플 파단까지 싱크로트론 XRD와 단계적 변형을 사용하여 결합 분석을 수행하였다. 각 변형 수준, 즉 변형률(ϵ)이 0 %(어닐링 상태), 13.5 %, 25.2 % 및 47.1 %에서 얻은 결과 회절 결과를 도 11(A)에 나타내었다. 도 11(B)는 LTP 강철의 변형 이전에 준 안정 오스테나이트상은 밀도가 $3.13 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$ 인 모서리 전위가 대부분 포함 된 반면 거친 페라이트 매트릭스에서 나사 전위는 $4.48 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$ 를 나타내었다.

[0061] 도 14는 LTP 진행 후 압연변화량에 따른 미세조직 변화를 나타낸 것으로, 미세영역(Small zone)에서는 압연변화량이 증가함에도 큰 변화가 없으나, 조대영역(Coarse zone)에서는 변화량이 증가함에 따라 크기가 줄어드는 것을 관찰 할 수 있다.

[0063] 다음으로, 작은 입자와 거친 입자의 오스테나이트에서 변형에 의한 위상 변환의 입자 크기 의존성을 확인하였다. 나노 압입 테스트 및 TEM 분석은 직경 0.5 μ m 이내의 작은 입자 및 3.1 μ m 이내의 거친 입자의 압자 표시 오스테나이트 영역의 동일한 위치에서 수행되었다. 도 12의 하중 변위 곡선은 작은 오스테나이트 입자

가 나노 압입 하중으로 인한 마르텐 사이트 변형에 저항한다는 것을 보여준다.

[0064] 이것은 또한, 도 13에 나타난 바와 같이, TEM 이미지와 해당하는 SADP (Selected Area Diffraction Pattern)에 의해 확인되며, 표적화 되고 움푹 패인 작은 오스테나이트 아래에서 획득된다. 대조적으로, 로딩-언 로딩 곡선의 팝인 현상은 LTP 합금에서 거친 오스테나이트 영역의 나노 인 덴 테이션 테스트 중에서 명확하게 관찰된다. 또한, 첫 번째 팝인 현상 이후의 기울기는 일정한 로딩 속도에서도 첫 번째 팝인 이전의 기울기에 비해 급격히 증가했다. 이 기울기 증가는 거친 준 안정 오스테나이트 내부의 연속적인 상 변형 형성을 통한 전위 산립 경화에 기인한다. 이것은 TEM 이미지에 의해 뒷받침되어 오스테나이트가 경질 α' -마르텐사이트 상으로 국부적으로 변형되었음을 보여준다. 상응하는 SADP는 새로 형성된 bcc α' -마르텐사이트와 부모 fcc 오스테나이트 사이에 공통 Kurdjumov-Sachs (K-S) 관계의 존재를 보여준다. 거친 오스테나이트의 α' -마르텐사이트 입자를 $\langle 110 \rangle_{bcc}$ 방향을 따라 성장시켜 변형 유발 상변태에 의해 생성되는 총 에너지를 최소화했다. 팝인 현상은 나노 인 덴터 팁에 의해 법선 방향을 따라 외부 응력이 가해 졌을 때 발생했다. 즉 베인 왜곡의 압축 축이 압입 방향과 거의 평행 할 가능성이 높다.

[0066] 본 발명인 페라이트계 경량 철강의 제조방법은, 도 16에 나타난 바와 같이 수행된다.

[0067] 먼저, 제1단계(S10)는 합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리한다. 상기 용체화 처리(solution treatment)는 합금원소를 고용체로 용해하는 온도 이상으로 가열하여 충분한 시간 동안 유지시켜 재료를 연화시키는 것으로, 보다 구체적으로 상기 용체화 시 1200℃ 미만으로 실시하는 경우 오스테나이트(austenite)상의 분율이 낮아지는 문제점이 발생할 수 있고, 1200℃를 초과할 경우 오스테나이트(austenite)상의 결정립 크기가 너무 커지는 문제점이 발생할 수 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 용체화 시 90분 미만으로 실시하는 경우 오스테나이트(austenite)상의 분율이 낮아지는 문제점이 발생할 수 있고, 90분을 초과할 경우 오스테나이트(austenite)상의 결정립 크기가 너무 커지는 문제점이 발생할 수 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다.

상기 합금은 망간(Mn), 알루미늄(Al) 및 탄소(C)를 포함하는 것을 특징으로 하며, 본 발명인 페라이트계 경량 철강의 제조방법에 의해 제조된 경량 철강은 2.0 내지 3.0 wt% 망간(Mn), 5.0내지 6.0 wt% 알루미늄(Al) 및 0.1 내지 0.3 wt% 탄소(C)의 성분을 함유하는 것을 특징으로 한다.

[0069] 다음으로, 제2단계(S20)는 상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연한다. 상기 제2단계(S20)에서 열간압연하여 두께를 55%까지 감소시킨다. 보다 구체적으로, 상기 제2단계(S20)에서 900℃ 미만으로 열간압연을 실시하는 경우 마무리 압연 온도까지의 온도 간격이 좁기 때문에 소정의 두께까지 충분한 압연이 불가능하고, 1100℃ 초과하여 열간압연을 실시하는 경우 고온 취성을 야기할 수 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다.

[0071] 다음으로, 제3단계(S30)는 상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭한다. 다만, 상기 열간압연된 합금은 650℃에서 60분 동안 압연한 후 실온에서 공랭할 수 있다. 상기 열간압연된 합금은 코일형으로 생성된다.

[0073] 다음으로, 제4단계(S40)는 상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70%로 감소될 때까지 냉간압연한다. 도 2에 나타난 바와 같이, 상기 제4단계(S40)에서 생성된 압연 강은 압연방향(RD)을 따라 페라이트와 C-Al이 풍부한 침전물인 κ -카바이드(체적 분율 38.6%)를 포함하는 이상 미세구조를 나타내고 있다. κ -카바이드의 밴드 구조 형성은 주로 고 알루미늄 경량 강을 주조하는 동안 용질 분할 효과 때문이다. 상기 제4단계(S40)는 상온의 낮은 온도에서 진행한다.

[0074] 삭제

[0075] 삭제

[0077] 다음으로, 제5단계(S50)는 상기 냉간압연 한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 임계적 어닐링(intercritical annealing, ICA)을 실시한다. 상기 냉간압연 한 합금은 상기 제5단계(S50)를 수행하면서 페라이트 및 오스테나이트를 생성하게 된다. 상기 제5단계(S50)의 수행 온도는 역열학적 계산을 기반으로 4차 Fe-Mn-Al-C 시스템에서 κ -카바이드 상을 완전히 용해할 수 있도록 설정된다.

- [0078] 보다 구체적으로, 상기 제5단계(S50)에서 850℃ 미만에서 임계적 어닐링을 실시하는 경우 잔류 오스테나이트가 남아있을 우려가 있고, 합금 원소들이 충분히 고용될 목적으로 진행하므로 950℃ 초과하여 임계적 어닐링을 실시할 필요는 없다.
- [0080] 다음으로, 제6단계(S60)는 상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s로 냉각처리한다.
- [0082] 다음으로, 제7단계(S70)는 상기 냉각처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링한다.
- [0084] 다음으로, 제8단계(S80)는 상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭한다.
- [0086] 다음으로, 제9단계(S90)는 상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)를 실시한다. 상기 등온 어닐링한 합금은 상기 제9단계(S90)를 수행하여 페라이트 및 오스테아나이트 입자로 구성된 이중 미세 구조가 형성된다. 상기 제9단계(S90)는 석출물들이 석출되어 평형상에 이를 때 까지 템퍼링을 실시하는 것이 바람직하다.
- [0087] 보다 구체적으로, 상기 제9단계(S90) 300℃ 미만에서 상기 저온열처리공정(LTP)를 실시하는 경우 석출물이 석출되지 않는 문제점이 발생할 수 있고, 300℃를 초과하여 상기 저온열처리공정(LTP)를 실시하는 경우 석출물의 조대화로 기계적 성질의 저하 및 제조비용이 상승되는 문제점이 발생할 수 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제9단계(S90) 10분 미만에서 상기 저온열처리공정(LTP)를 실시하는 경우 석출물이 석출되지 않는 문제점이 발생할 수 있고, 10분을 초과하여 상기 저온열처리공정(LTP)를 실시하는 경우 충분한 에너지를 얻을 수 있기 때문에 결정립 조대화가 발생할 수 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다.
- [0089] 종래연구에서는 인장강도가 1GPa 이상이고 연신율이 7% 이상인 것이 주된 결과물이었다. 그러나 본 발명은 LTP 공정을 통해 페라이트계가 주 조직이면서 항복강도가 610MPa에서 798MPa로 증가하고, 최대 인장 강도는 900 MPa에서 1108MPa로 증가하였다. 또한, 총 연신율은 42.5%에서 47%(절대 수준)으로 증가하였다.
- [0091] 상기 과제의 해결 수단에 의해, 본 발명은 초고강도, 연성 및 저밀도의 페라이트계 경량 철강을 제조할 수 있다.
- [0092] 또한, 본 발명은 Al 및 Mn과 같은 고체 용질 원소를 사용하여 공정비용이 증가하는 종래의 공정 과정의 문제점을 해결하여, 공정비용을 줄일 수 있는 페라이트계 경량 철강을 제조할 수 있다.
- [0093] 또한, 본 발명은 저온열처리공정(LTP)을 조정하여 일반적인 페라이트계에 기반한 강도와 연성이 동시에 향상된 경량 철강을 제조할 수 있다.
- [0094] 또한, 본 발명은 저온열처리공정(LTP)를 통해 조직의 안정성을 최대로 하여 기계적 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0096] 이와 같이, 상술한 본 발명의 기술적 구성은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자가 본 발명의 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0097] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해되어야 하고, 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

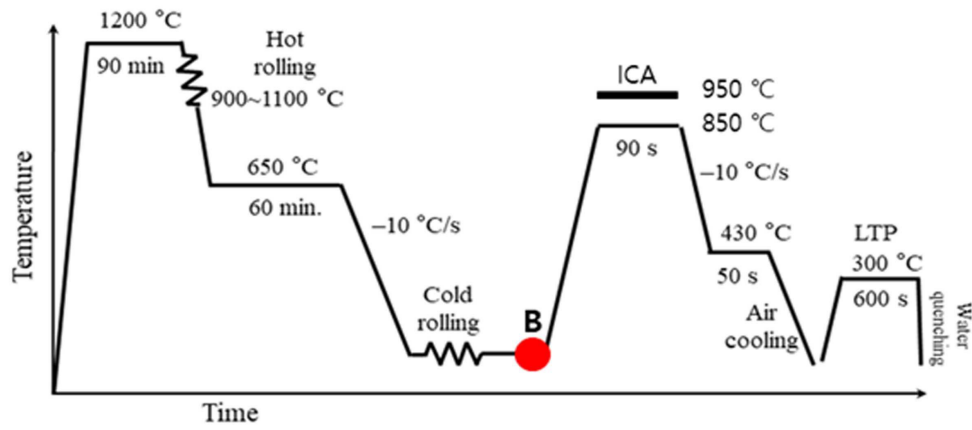
- [0099] S10. 합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리하는 제1단계
- S20. 상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연하는 제2단계
- S30. 상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭하는 제3단계
- S40. 상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70% 감소될 때까지 냉간압연하는 제4단계
- S50. 상기 냉간압연한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 이상영역 어닐링(intercritical annealing)하는 제5단계
- S60. 상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s의 냉각속도로 냉각처리하는 제6단계
- S70. 상기 냉각처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계

S80. 상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭하는 제8단계

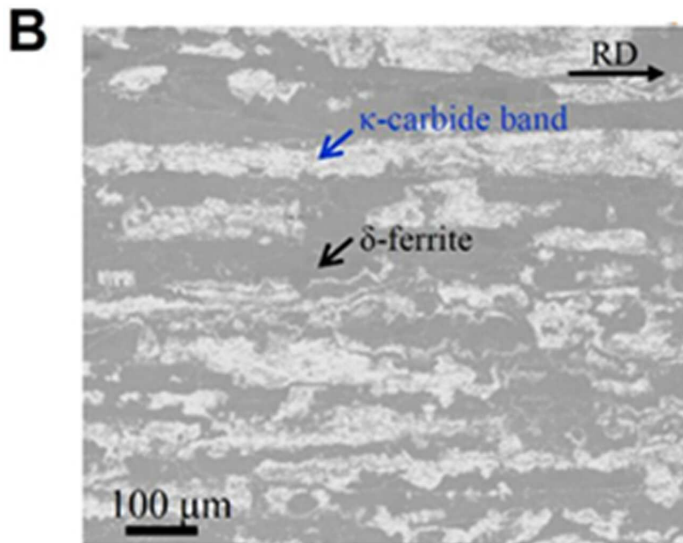
S90. 상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)하는 제9단계

도면

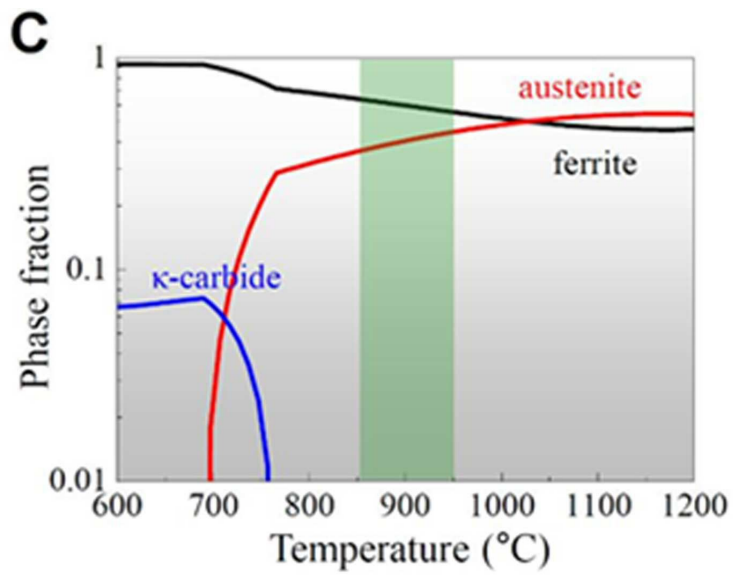
도면1



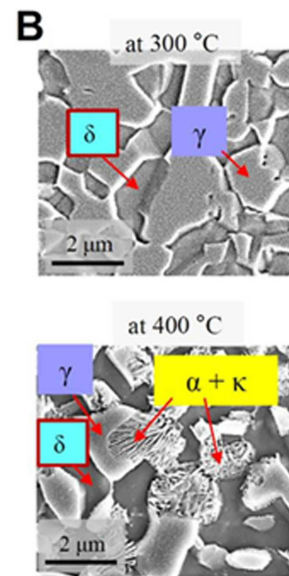
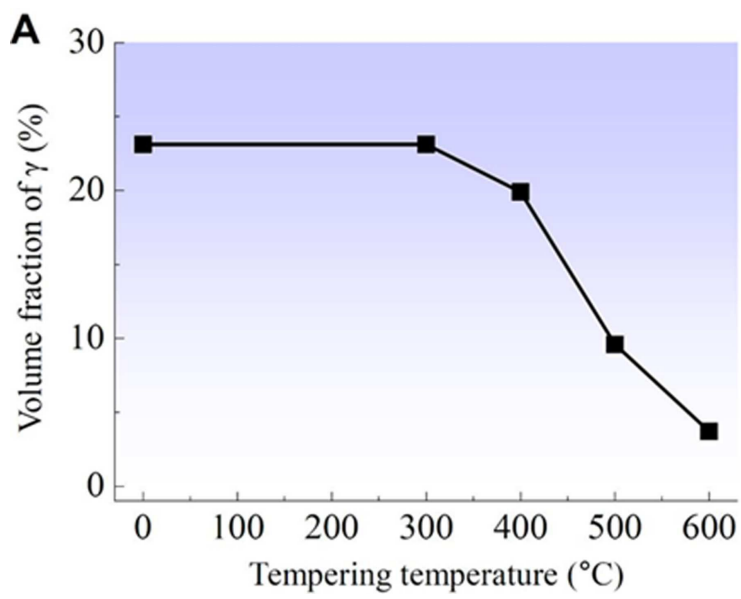
도면2



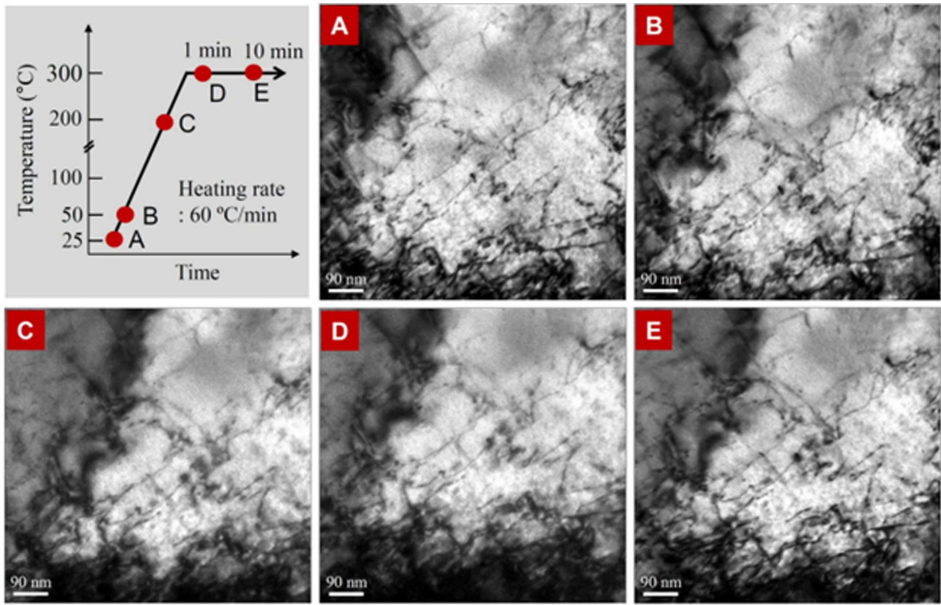
도면3



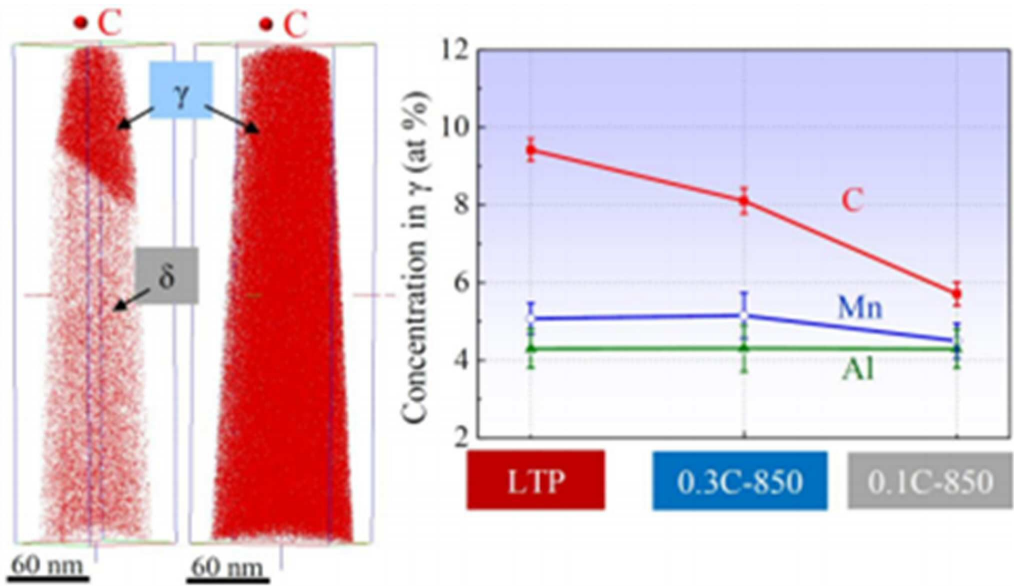
도면4



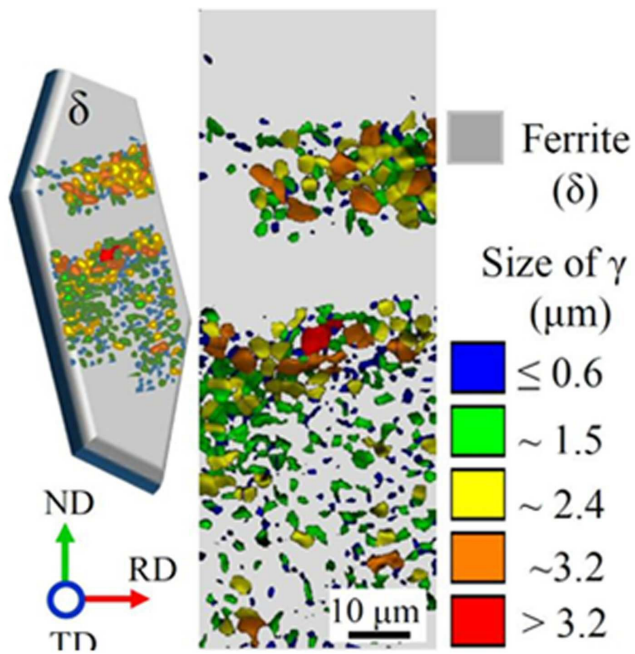
도면5



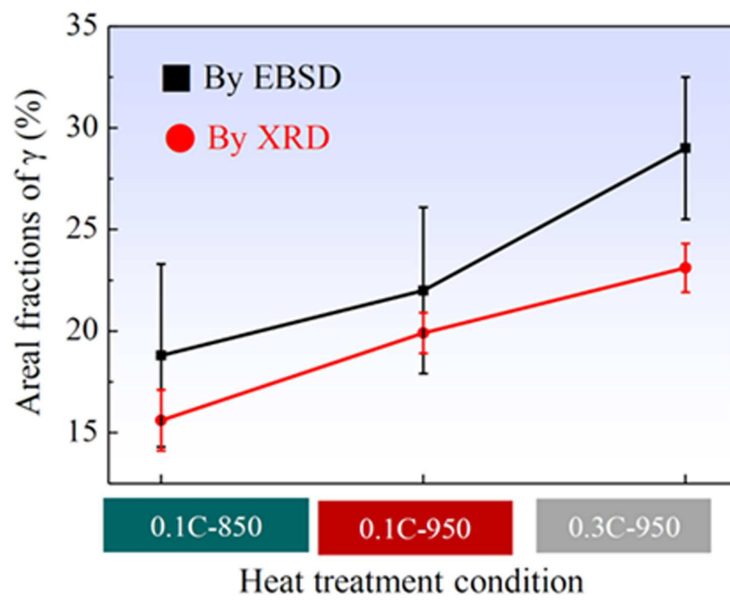
도면6



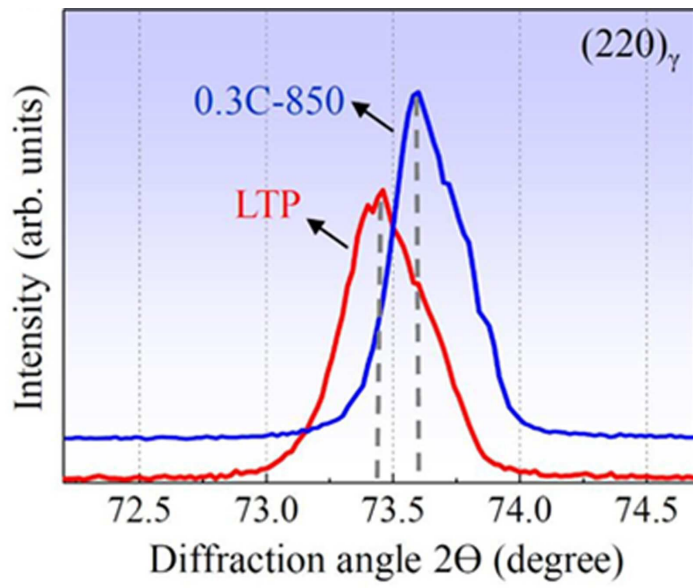
도면7



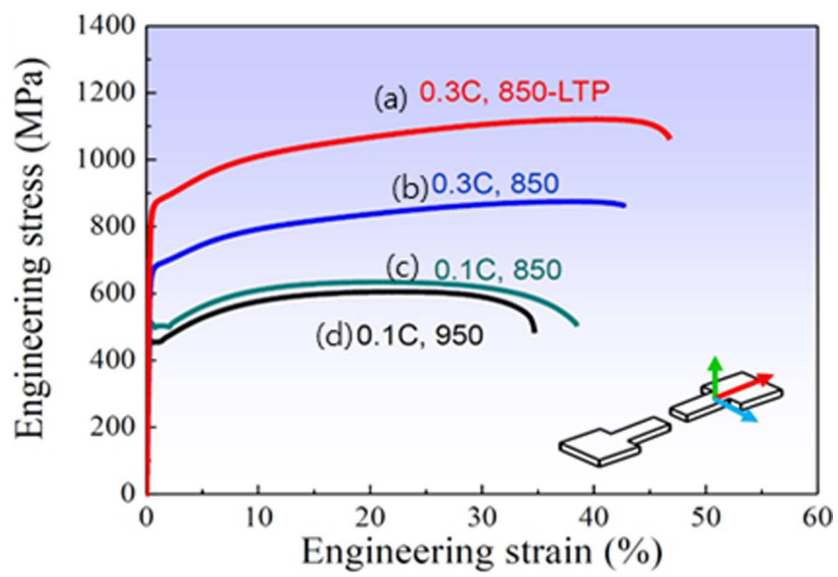
도면8



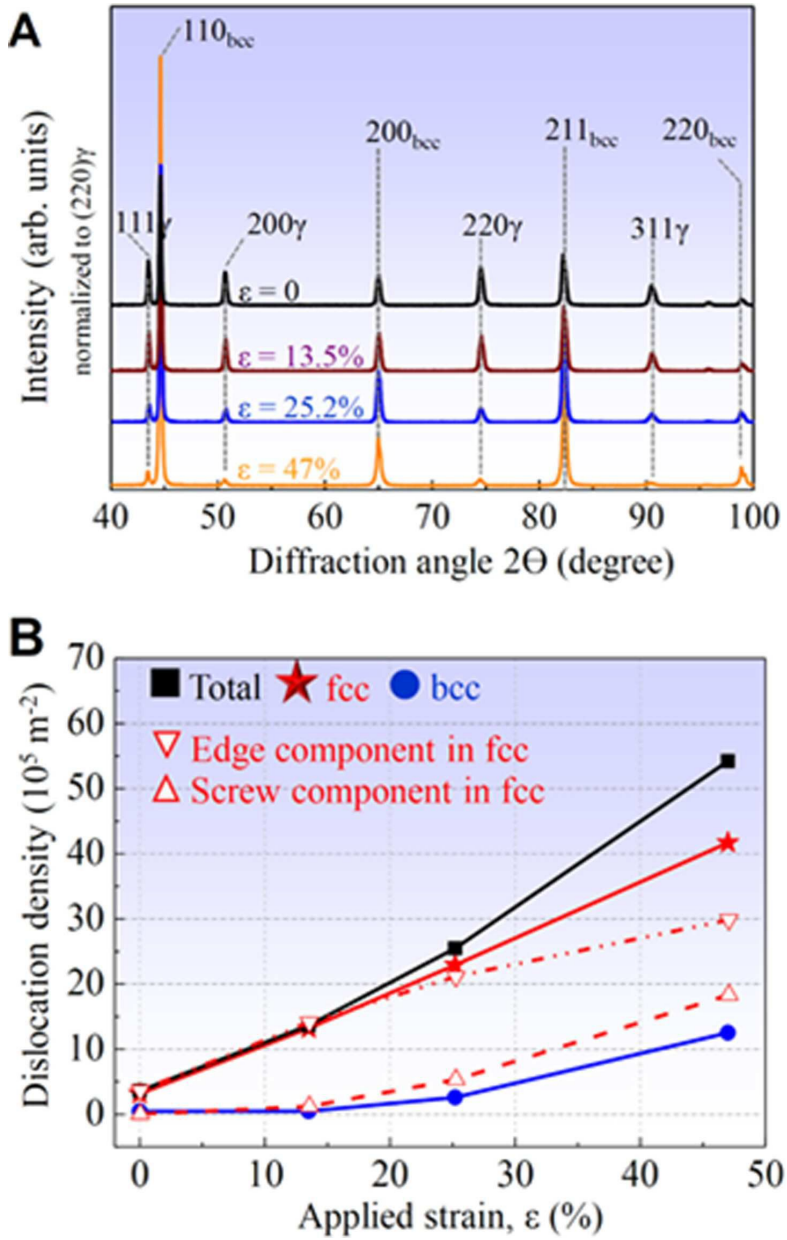
도면9



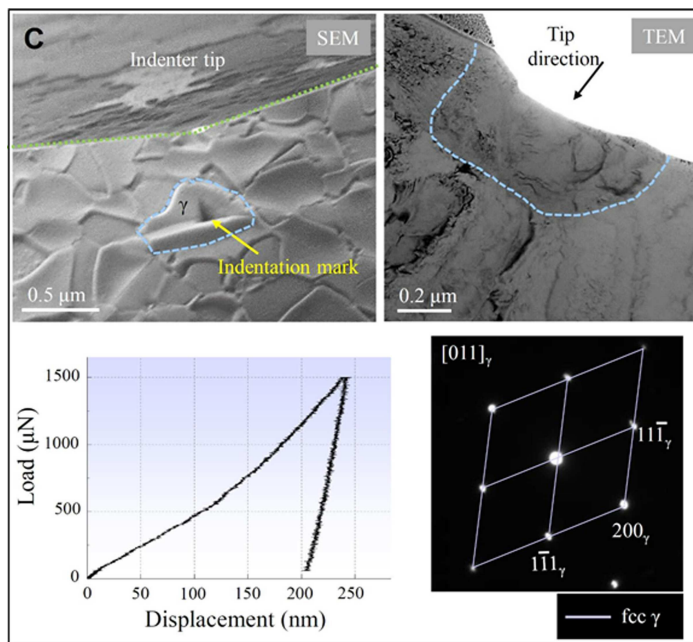
도면10



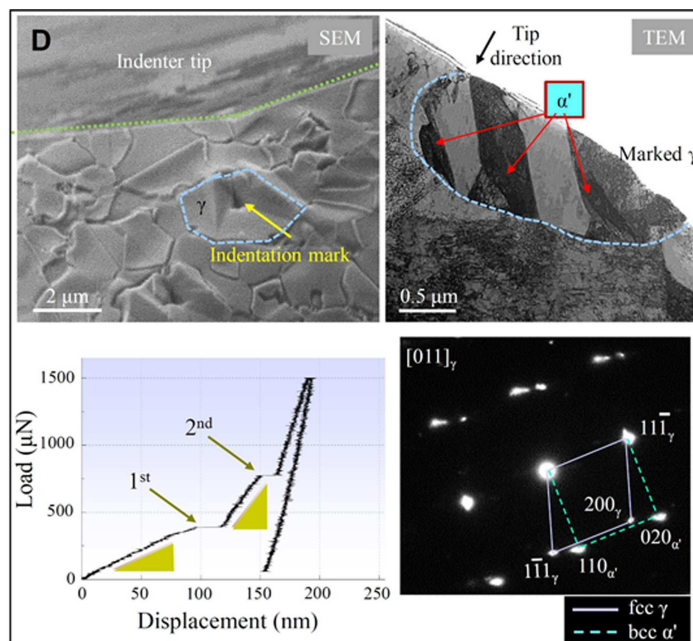
도면11



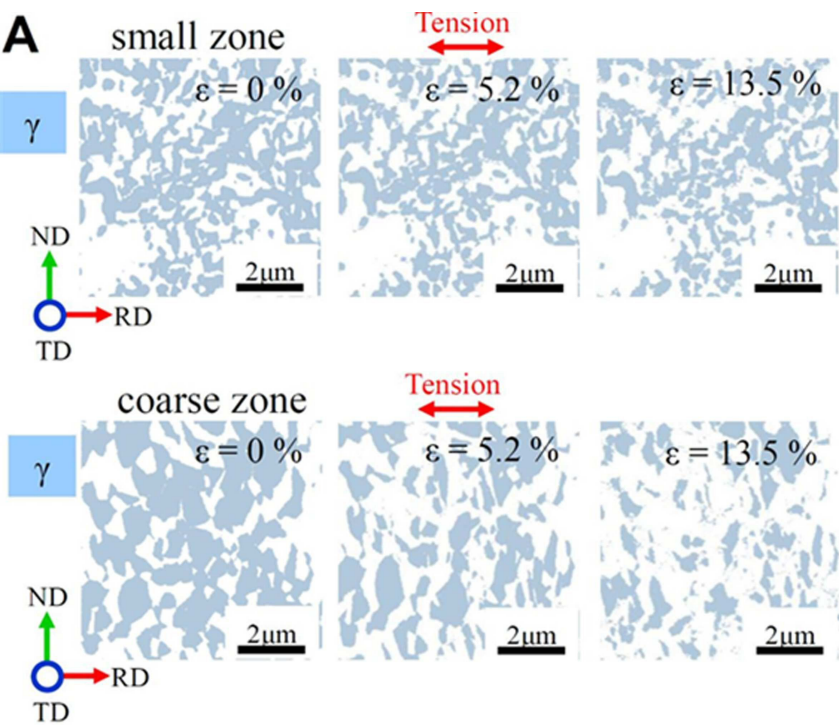
도면12



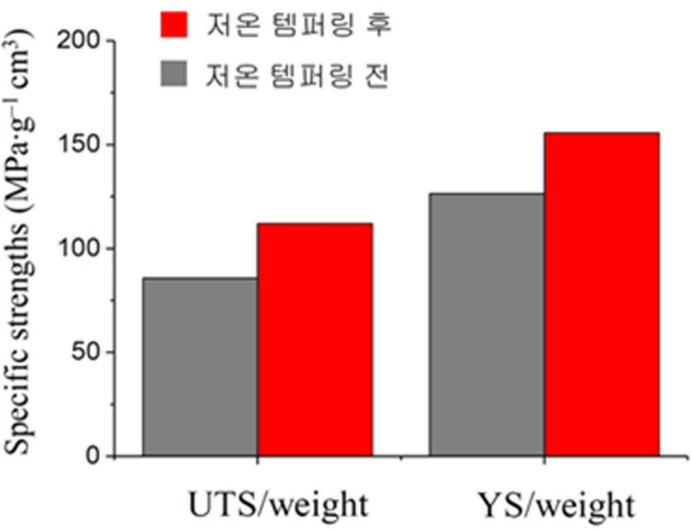
도면13



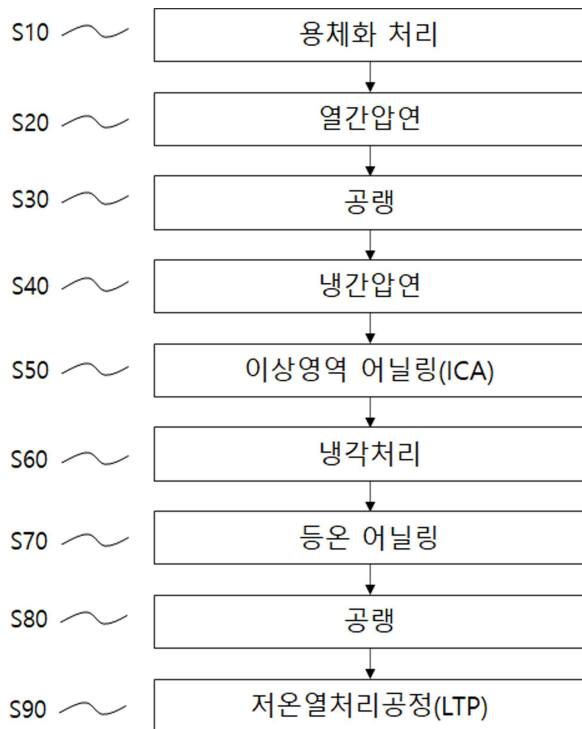
도면14



도면15



도면16



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 0020

【변경전】

상기 등온 열처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계;

【변경후】

상기 냉각처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계;

【직권보정 2】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 0082

【변경전】

다음으로, 제7단계(S70)는 상기 등온 열처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링한다.

【변경후】

다음으로, 제7단계(S70)는 상기 냉각처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링한다.

【직권보정 3】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 0099

【변경전】

S10. 합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리하는 제1단계

S20. 상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연하는 제2단계

S40. 상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭하는 제3단계

S40. 상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70% 감소될 때까지 냉간압연하는 제4단계

S50. 상기 냉간압연한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 이상영역 어닐링(intercritical annealing)하는 제5단계

S60. 상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s의 냉각속도로 냉각처리하는 제6단계

S70. 상기 등온 열처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계

S80. 상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭하는 제8단계

S90. 상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)하는 제9단계

【변경후】

S10. 합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리하는 제1단계

S20. 상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연하는 제2단계

S30. 상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭하는 제3단계

S40. 상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70% 감소될 때까지 냉간압연하는 제4단계

S50. 상기 냉간압연한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 이상영역 어닐링(intercritical annealing)하는 제5단계

S60. 상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s의 냉각속도로 냉각처리하는 제6단계

S70. 상기 냉각처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계

S80. 상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭하는 제8단계

S90. 상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)하는 제9단계

【직권보정 4】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 7

【변경전】

합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리하는 제1단계;

상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연하는 제2단계;

상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭하는 제3단계;

상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70% 감소될 때까지 냉간압연하는 제4단계;

상기 냉간압연한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 이상영역 어닐링(intercritical annealing)을 실시하는 제5단계;

상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s의 냉각속도로 냉각처리하는 제6단계;

상기 등온 열처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계;

상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭하는 제8단계; 및

상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)하는 제9단계;에 의해 수행하되,

상기 제9단계를 수행하여 제조된 경량 철강은,

2.0 내지 3.0 wt% Mn, 5.0내지 6.0 wt% Al 및 0.1 내지 0.3 wt% C의 성분을 함유하는 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강의 제조방법.

【변경후】

합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리하는 제1단계;

상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연하는 제2단계;

상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭하는 제3단계;

상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70% 감소될 때까지 냉간압연하는 제4단계;

상기 냉간압연한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 이상영역 어닐링(intercritical annealing)을 실시하는 제5단계;

상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s의 냉각속도로 냉각처리하는 제6단계;

상기 냉각처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계;

상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭하는 제8단계; 및

상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)하는 제9단계;에 의해 수행하되,

상기 제9단계를 수행하여 제조된 경량 철강은,

2.0 내지 3.0 wt% Mn, 5.0내지 6.0 wt% Al 및 0.1 내지 0.3 wt% C의 성분을 함유하는 것을 특징으로 하는 페라이트계 경량 철강의 제조방법.

【직권보정 5】

【보정항목】 요약서

【보정세부항목】 요약 0001a

【변경전】

본 발명은 페라이트계 경량 철강의 제조방법 및 이를 이용한 페라이트계 경량 철강에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 짧은 시간의 저온 템퍼링을 실시하여 조직의 안정성을 최대화하고, 망간 첨가량이 낮으면서 강도를 향상시킨 페라이트계 경량 철강의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 페라이트계 경량 철강의 제조방법은, 합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리하는 제1단계; 상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연하는 제2단계; 상기 열간압연된 합금을 650℃에서 60분 동안 압연하는 제3단계; 상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭하는 제3단계; 상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70% 감소될 때까지 냉간압연하는 제4단계; 상기 냉간압연한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 이상영역 어닐링(intercritical annealing)을 실시하는 제5단계; 상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s의 냉각속도로 냉각처리하는 제6단계; 상기 등온 열처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계; 상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭하는 제8단계; 및 상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)하는 제9단계;에 의해 수행되는 것을 특징으로 한다.

상기 경량 철강은 2.0 내지 3.0 wt% Mn, 5.0내지 6.0 wt% Al 및 0.1 내지 0.3 wt% C의 성분을 함유하는 것을 특징으로 한다.

【변경후】

본 발명은 페라이트계 경량 철강의 제조방법 및 이를 이용한 페라이트계 경량 철강에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 짧은 시간의 저온 템퍼링을 실시하여 조직의 안정성을 최대화하고, 망간 첨가량이 낮으면서 강도를 향상시킨 페라이트계 경량 철강의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 페라이트계 경량 철강의 제조방법은, 합금을 1200℃에서 90분 동안 용체화 처리하는 제1단계; 상기 용체화 처리된 합금을 900℃ 내지 1100℃에서 열간압연하는 제2단계; 상기 열간압연된 합금을 650℃에서 60분 동안 압연하는 제3단계; 상기 열간압연된 합금을 10℃/s의 냉각 속도로 실온에서 공랭하는 제3단계; 상기 공랭된 합금을 상온에서 두께가 70% 감소될 때까지 냉간압연하는 제4단계; 상기 냉간압연한 합금을 850℃ 내지 950℃에서 90초 동안 이상영역 어닐링(intercritical annealing)을 실시하는 제5단계; 상기 이상영역 어닐링(intercritical annealing)한 합금을 -10℃/s의 냉각속도로 냉각처리하는 제6단계; 상기 냉각처리를 실시한 합금을 430℃에서 50초 동안 등온 어닐링하는 제7단계; 상기 등온 어닐링 된 합금을 공랭하는 제8단계; 및 상기 공랭 된 합금을 300℃에서 10분 동안 저온열처리공정(LTP)하는 제9단계;에 의해 수행되는 것을 특징으로 한다.

상기 경량 철강은 2.0 내지 3.0 wt% Mn, 5.0내지 6.0 wt% Al 및 0.1 내지 0.3 wt% C의 성분을 함유하는 것을 특징으로 한다.