



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월26일
(11) 등록번호 10-1572354
(24) 등록일자 2015년11월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C21D 8/02 (2006.01) B21B 3/00 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0010373
(22) 출원일자 2014년01월28일
심사청구일자 2014년01월28일
(65) 공개번호 10-2015-0089583
(43) 공개일자 2015년08월05일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020130125824 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
현대제철 주식회사
인천광역시 동구 중봉대로 63 (송현동)
(72) 발명자
이태호
부산광역시 동래구 아시아드대로 234, 108동 330
5호 (온천동, 반도보라스카이뷰아파트)
박기정
부산광역시 해운대구 재반로270번길 23(반여동)
(74) 대리인
특허법인아주양현

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 최정식

(54) 발명의 명칭 압력용기 강재 및 그 제조 방법

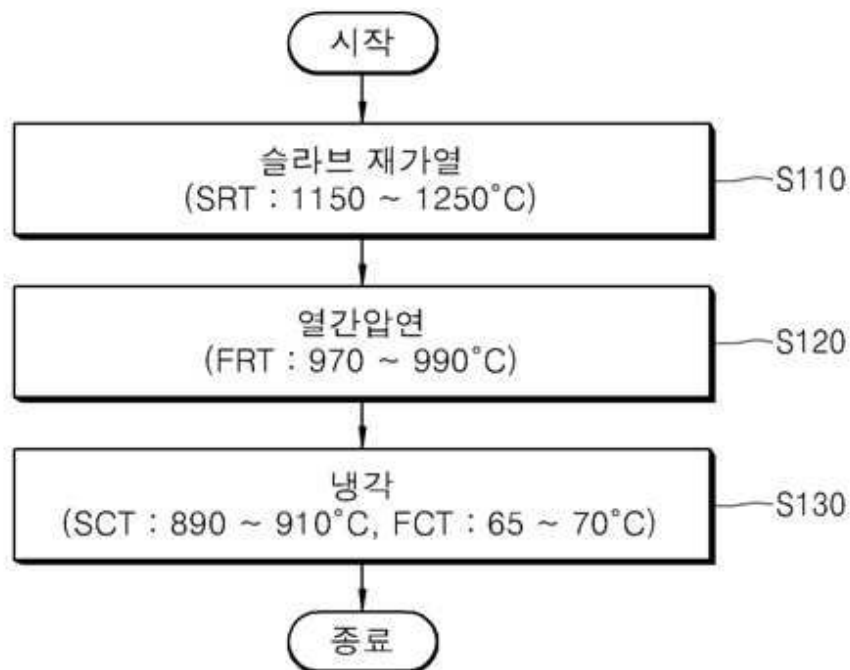
(57) 요약

합금 성분 조절 및 공정 조건 제어를 통하여 판 형상 불량률 최소화하여 우수한 평탄도를 확보하여 생산성을 향상시킬 수 있는 압력용기 강재 및 그 제조 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 압력용기 강재 제조 방법은 (a) 중량%, C : 0.10 ~ 0.14%, Si : 0.3 ~ 0.4%, Mn : 1.3 ~

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



1.5%, P : 0.012% 이하, S : 0.003% 이하, S_{Al} : 0.001 ~ 0.060%, Cr : 0.1 ~ 0.2%, Mo : 0.04 ~ 0.08%, N : 0.006% 이하, H : 0.00025% 이하 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 강 슬라브를 SRT(Slab Reheating Temperature) : 1050 ~ 1250℃로 재가열하는 단계; (b) 상기 재가열된 강 슬라브를 FRT(Finish Rolling Temperature) : 970 ~ 990℃ 조건으로 마무리 열간압연하는 단계; 및 (c) 상기 열간압연된 강을 런아웃 테이블로 진입시켜 SCT(Start Cooling Temperature) : 890 ~ 910℃ 및 FCT(Finish Cooling Temperature) : 65 ~ 70℃ 조건으로 냉각하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

(72) 발명자

강동훈

경상남도 창원시 의창구 퇴촌로9번길 6-9 (사림동)

강의구

충남 아산시 배방읍 모산로 126번길 17-7 배방삼정
그린코아아파트 101-111

김규태

충청남도 당진시 밭절로 51, 202동906호 (원당동,
파크빌2차아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 중량%로, C : 0.10 ~ 0.14%, Si : 0.3 ~ 0.4%, Mn : 1.3 ~ 1.5%, P : 0초과 ~ 0.012% 이하, S : 0초과 ~ 0.003% 이하, S_{Al} : 0.001 ~ 0.060%, Cr : 0.1 ~ 0.2%, Mo : 0.04 ~ 0.08%, N : 0.006% 이하, H : 0.00025% 이하 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 강 슬라브를 SRT(Slab Reheating Temperature) : 1150 ~ 1250℃로 재가열하는 단계;

(b) 상기 재가열된 강 슬라브를 FRT(Finish Rolling Temperature) : 970 ~ 990℃ 조건으로 마무리 열간압연하는 단계; 및

(c) 상기 열간압연된 강을 런아웃테이블로 진입시켜 SCT(Start Cooling Temperature) : 890 ~ 910℃ 및 FCT(Finish Cooling Temperature) : 65 ~ 70℃ 조건으로 냉각하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 압력용기 강재 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서,

상기 냉각은

20 ~ 25℃/sec의 속도로 실시하는 것을 특징으로 하는 압력용기 강재 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계 이후,

상기 강은

전단에 배치되는 머리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 50mm 이하이고,

후단에 배치되는 꼬리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 25mm 이하인 것을 특징으로 하는 압력용기 강재 제조 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 압력용기 강재 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 합금 성분 조절 및 공정 조건 제어를 통하여 판 형상 불량을 최소화하여 우수한 평탄도를 확보하여 생산성을 향상시킬 수 있는 압력용기 강재 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근, 압력용기 강재는 대형화 추세에 발맞추어 고강도, 고인성을 가지면서 극후물화되는 추세가 뚜렷한 상황이다. 이러한 압력용기 강재는 재가열, 열간압연 및 냉각 등의 공정으로 제조되고 있으며, 냉각하는 공정에서 판의 머리 부분과 꼬리 부분의 냉각속도가 일정하지 않은데 기인하여, 강재의 머리 부분과 꼬리 부분이 말려 올라가는 스키업(ski-up) 발생에 의해 판 형상 불량이 빈번히 발생하고 있다.

[0003] 관련 선행문헌으로는 대한민국 등록특허공보 제10-0928796호(2009.11.19. 공고)가 있으며, 상기 문헌에는 인성이 우수한 인장강도 600MPa급 압력용기용 강재의 제조 방법이 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은 냉각개시온도 및 냉각종료온도를 조절하여 냉각속도를 엄격히 제어함으로써, 판 전체의 냉각속도를 균일하여 평탄도를 향상시켜 생산성을 향상시킬 수 있는 압력용기 강재를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명의 다른 목적은 상기 방법으로 제조되어, 전단에 배치되는 머리 부분과 후단에 배치되는 꼬리 부분의 미세조직이 균일하면서도 머리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 50mm 이하이고, 꼬리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 25mm 이하를 가짐으로써, 균일한 평탄도를 확보하여 생산성을 향상시킬 수 있는 압력용기 강재를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 압력용기 강재 제조 방법은 (a) 중량%로, C : 0.10 ~ 0.14%, Si : 0.3 ~ 0.4%, Mn : 1.3 ~ 1.5%, P : 0초과 ~ 0.012% 이하, S : 0초과 ~ 0.003% 이하, S_{Al} : 0.001 ~ 0.060%, Cr : 0.1 ~ 0.2%, Mo : 0.04 ~ 0.08%, N : 0.006% 이하, H : 0.00025% 이하 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 강 슬라브를 SRT(Slab Reheating Temperature) : 1150 ~ 1250℃로 재가열하는 단계; (b) 상기 재가열된 강 슬라브를 FRT(Finish Rolling Temperature) : 970 ~ 990℃ 조건으로 마무리 열간압연하는 단계; 및 (c) 상기 열간압연된 강을 런아웃테이블로 진입시켜 SCT(Start Cooling Temperature) : 890 ~ 910℃ 및 FCT(Finish Cooling Temperature) : 65 ~ 70℃ 조건으로 냉각하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 압력용기 강재는 중량%로, C : 0.10 ~ 0.14%, Si : 0.3 ~ 0.4%, Mn : 1.3 ~ 1.5%, P : 0초과 ~ 0.012% 이하, S : 0초과 ~ 0.003% 이하, S_{Al} : 0.001 ~ 0.060%, Cr : 0.1 ~ 0.2%, Mo : 0.04 ~ 0.08%, N : 0.006% 이하, H : 0.00025% 이하 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지며, 전단에 배치되는 머리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 50mm 이하이고, 후단에 배치되는 꼬리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 25mm 이하인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명에 따른 압력용기 강재 및 그 제조 방법은 냉각개시온도(SCT) 및 냉각종료온도(FCT)를 조절함과 더불어, 냉각속도를 20 ~ 25℃/sec로 증가시켜 판 머리 부분과 판 꼬리 부분의 냉각속도를 일정하게 유지함으로써 열 응력이 최소화되도록 하여 판의 평탄도를 향상시킬 수 있다.

[0009] 따라서, 본 발명에 따른 압력용기 강재 및 그 제조 방법은 전단에 배치되는 머리 부분과 후단에 배치되는 꼬리 부분의 미세조직이 균일하면서도 머리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 50mm 이하이고, 꼬리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 25mm 이하를 가짐으로써, 균일한 평탄도를 확보하여 생산성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 압력용기 강재 제조 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
 도 2는 비교예 1에 따른 시편의 스키업 높이 측정 결과를 나타낸 도면이다.
 도 3은 실시예 1에 따른 시편의 스키업 높이 측정 결과를 나타낸 도면이다.
 도 4는 비교예 1에 따른 시편의 머리 부분과 꼬리 부분에 대한 최종 미세조직을 각각 나타낸 사진이다.
 도 5는 실시예 1에 따른 시편의 머리 부분과 꼬리 부분에 대한 최종 미세조직을 각각 나타낸 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 발명의 특징과 이를 달성하기 위한 방법은 첨부되는 도면과, 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해진다. 그러나 본 발명은 이하에 개시되는 실시예에 한정되는 것은 아니며, 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하기 위함이며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 본 발명은 청구항의 기재에 의해 정의될 뿐이다.

[0012] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 압력용기 강재 및 그 제조 방법에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

압력용기 강재

[0014] 본 발명에 따른 압력용기 강재는 판 변형 불량을 최소화하여 우수한 평탄도를 확보하기 위해, 전단에 배치되는 머리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 50mm 이하이고, 후단에 배치되는 꼬리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 25mm 이하인 것을 목표로 한다.

[0015] 이를 위해, 본 발명에 따른 압력용기 강재는 중량%로, C : 0.10 ~ 0.14%, Si : 0.3 ~ 0.4%, Mn : 1.3 ~ 1.5%, P : 0.012% 이하, S : 0.003% 이하, S_{Al} : 0.001 ~ 0.060%, Cr : 0.1 ~ 0.2%, Mo : 0.04 ~ 0.08%, N : 0.006% 이하, H : 0.00025% 이하 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어진다.

[0016] 이때, 강재는 페라이트(ferrite) 및 베이나이트(bainite)를 포함하는 복합 조직을 갖되, 베이나이트 조직이 단면 면적율로 70% 이상을 차지할 수 있다.

[0017] 또한, 강재는 인장강도(TS) : 500 ~ 650MPa, 항복강도(YS) : 350 ~ 550MPa 및 연신율(EL) : 18 ~ 30%를 가질 수 있다.

[0018] 이하, 본 발명에 따른 압력용기 강재에 포함되는 각 성분의 역할 및 그 함량에 대하여 설명하면 다음과 같다.

탄소(C)

[0020] 탄소(C)는 강도를 확보하기 위하여 첨가되며, 용접성에 가장 큰 영향을 미치는 원소이다. 이때, 탄소 이외의 합금원소의 영향은 탄소가 등가로 환산된 탄소당량(carbon equivalent : CEQ)으로 표시될 수 있다.

[0021] 상기 탄소(C)는 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.10 ~ 0.14 중량%의 함량비로 첨가되는 것이 바람직하다. 탄소(C)의 함량이 0.10 중량% 미만일 경우에는 충분한 강도를 확보하는 데 어려움이 따를 수 있다. 반대로, 탄소(C)의 함량이 0.14 중량%를 초과할 경우에는 탄화물을 형성하여 입계 성장을 억제하며, 전기저항용접(ERW)시 용접성의 저하를 가져오는 문제점이 있다.

- [0022] 실리콘(Si)
- [0023] 실리콘(Si)은 강 중 탈산제로 작용하며, 강도 확보에 기여한다.
- [0024] 상기 실리콘(Si)은 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.3 ~ 0.4 중량%의 함량비로 첨가되는 것이 바람직하다. 실리콘(Si)의 함량이 0.3 중량% 미만일 경우에는 그 첨가 효과가 불충분하다. 반대로, 실리콘(Si)의 함량이 0.4 중량%를 초과할 경우에는 강재의 인성 및 용접성이 열화되는 문제가 있다.
- [0025] 망간(Mn)
- [0026] 망간(Mn)은 인성을 열화시키지 않고 강도를 향상시키는데 유용한 원소이다.
- [0027] 상기 망간(Mn)은 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 1.3 ~ 1.5 중량%의 함량비로 첨가되는 것이 바람직하다. 망간(Mn)의 함량이 1.3 중량% 미만일 경우에는 그 첨가 효과를 제대로 발휘할 수 없다. 반대로, 망간(Mn)의 함량이 1.5 중량%를 초과할 경우에는 템퍼 취화(Temper Embrittlement) 감수성을 증대시키는 문제점이 있다.
- [0028] 인(P)
- [0029] 인(P)은 시멘타이트 형성을 억제하고, 강도를 증가시키기 위해 첨가된다.
- [0030] 다만, 인(P)의 함량이 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.012 중량%를 초과하여 과다 첨가될 경우에는 용접성을 악화시키고, 슬라브 중심 편석(slab center segregation)에 의해 최종 재질 편차를 발생시키는 원인이 될 수 있다. 따라서, 상기 인(P)은 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.008 ~ 0.012 중량% 이하의 함량비로 제한하였다.
- [0031] 황(S)
- [0032] 황(S)은 망간(Mn)과 반응하여 미세한 MnS의 석출물을 형성하여 가공성을 향상시킨다.
- [0033] 다만, 황(S)의 함량이 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.003 중량%를 초과하여 과다 첨가될 경우에는 고용된 황(S)의 함량이 너무 많아 연성 및 성형성이 크게 낮아질 수 있으며, 적열취성의 우려가 있다. 따라서, 상기 황(S)은 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.002 ~ 0.003 중량% 이하의 함량비로 제한하였다.
- [0034] 가용성 알루미늄(S_{Al})
- [0035] 가용성 알루미늄(S_{Al})은 강 중의 산소를 제거하기 위한 탈산제 역할을 한다.
- [0036] 상기 가용성 알루미늄(S_{Al})은 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.001 ~ 0.060 중량%의 함량비로 첨가되는 것이 바람직하다. 가용성 알루미늄(S_{Al})의 함량이 0.001 중량% 미만으로 첨가될 경우에는 상기의 탈산 효과를 제대로 발휘할 수 없다. 반대로, 가용성 알루미늄(S_{Al})의 함량이 0.060 중량%를 초과할 경우에는 연수에 어려움이 있어 생산성을 떨어뜨리며, Al₂O₃와 같은 피닝효과를 일으키는 화합물을 형성하여 오스테나이트 결정입자를 미세화시키는 요인으로 작용한다.
- [0037] 크롬(Cr)
- [0038] 크롬(Cr)은 페라이트 안정화 원소로 강도 향상에 기여한다. 또한 크롬(Cr)은 δ 페라이트영역을 확대하고, 아포정(hypo-peritectic)역을 고탄소 측으로 이행시켜 슬라브 표면품질을 개선하는 역할을 한다.
- [0039] 상기 크롬(Cr)은 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.1 ~ 0.2 중량%의 함량비로 첨가되는 것이 바람직하다. 크롬(Cr)의 함량이 0.1 중량% 미만일 경우에는 그 첨가 효과를 제대로 발휘할 수 없다. 반대로, 크롬(Cr)의 함량이 0.2 중량%를 초과하여 과다 첨가될 경우에는 강관 제조시 용접 열영향부(HAZ)의 인성 열화를 초래하는 문제점이 있다.

- [0040] 몰리브덴(Mo)
- [0041] 몰리브덴(Mo)은 치환형 원소로써 고용강화 효과로 강의 강도를 향상시킨다. 또한, 몰리브덴(Mo)은 강의 경화능을 향상시키는 역할을 한다.
- [0042] 상기 몰리브덴(Mo)은 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.04 ~ 0.08 중량%의 함량비로 첨가되는 것이 바람직하다. 몰리브덴(Mo)의 함량이 0.04 중량% 미만일 경우에는 상기의 효과를 제대로 발휘할 수 없다. 반대로, 몰리브덴(Mo)의 함량이 0.08 중량%를 초과할 경우에는 더 이상의 효과 없이 제조비용만을 상승시키는 문제가 있다.
- [0043] 질소(N)
- [0044] 본 발명에서 질소(N)는 불가피한 불순물로서, AlN, TiN 등의 개재물을 형성시켜 강관의 내부 품질을 저하시키는 문제가 있다.
- [0045] 다만, 질소(N)의 함량이 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.006 중량%를 초과하여 다량 첨가될 경우에는 고용질소에 의해 시효성이 저하될 수 있다. 따라서, 상기 질소(N)는 본 발명에 따른 압력용기 강재 전체 중량의 0.006 중량% 이하의 함량비로 제한하였다.
- [0046] 수소(H)
- [0047] 수소(H)는 불가피한 불순물로써, 슬라브 재가열전에 실시되는 진공탈가스 처리를 통하여 그 첨가량을 극소량 제한하는 것이 바람직하다. 이때, 수소의 함량이 0.00025 중량%를 초과하여 다량 함유될 경우에는 황과의 반응으로 H₂S를 다량 생성하여 수소유기균열(hydrogen induced crack : HIC)을 일으켜 강재를 파단시키는 문제가 있다. 따라서, 본 발명에서는 수소(H)의 함량을 압력용기 강재 전체 중량의 0.00025 중량% 이하로 제한하였다.
- [0048] **압력용기 강재 제조 방법**
- [0049] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 압력용기 강재 제조 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [0050] 도 1을 참조하면, 도시된 본 발명의 실시예에 따른 압력용기 강재 제조 방법은 슬라브 재가열 단계(S110), 열간 압연 단계(S120) 및 냉각 단계(S130)를 포함한다. 이때, 슬라브 재가열 단계(S110)는 반드시 수행되어야 하는 것은 아니나, 석출물의 재고용 등의 효과를 도출하기 위해서는 실시하는 것이 더 바람직하다.
- [0051] 본 발명에 따른 압력용기 강재 제조 방법에서 열연공정의 대상이 되는 반제품 상태의 슬라브 판재는 중량%로, C : 0.10 ~ 0.14%, Si : 0.3 ~ 0.4%, Mn : 1.3 ~ 1.5%, P : 0초과 ~ 0.012% 이하, S : 0초과 ~ 0.003% 이하, S_{Al} : 0.001 ~ 0.060%, Cr : 0.1 ~ 0.2%, Mo : 0.04 ~ 0.08%, N : 0.006% 이하, H : 0.00025% 이하 및 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어진다.
- [0052] 슬라브 재가열
- [0053] 슬라브 재가열 단계(S110)에서는 상기의 조성을 갖는 강 슬라브를 SRT(Slab Reheating Temperature) : 1150 ~ 1250℃로 재가열한다. 상기 슬라브 재가열 단계(S110)에서는 강 슬라브의 재가열을 통하여, 주조시 편석된 성분을 재고용한다.
- [0054] 이때, 슬라브 재가열 온도(SRT)가 1150℃ 미만일 경우에는 재가열 온도가 너무 낮아 압연 부하가 커지는 문제가 있다. 반대로, 슬라브 재가열 온도가 1250℃를 초과할 경우에는 오스테나이트 결정립이 급격히 조대화되어 제조되는 강관의 강도 및 저온인성 확보가 어려운 문제점이 있다.
- [0055] 열간 압연

- [0056] 열간압연 단계(S120)에서는 재가열된 강 슬라브를 FRT(Finish Rolling Temperature) : 970 ~ 990℃ 조건으로 마무리 열간압연한다.
- [0057] 이때, 마무리 열간압연온도(FRT)가 970℃ 미만으로 실시될 경우에는 이상역 압연에 의한 혼립 조직이 발생하는 등의 문제가 발생할 수 있다. 반대로, 마무리 열간압연온도(FRT)가 990℃를 초과할 경우에는 오스테나이트 결정립이 조대화되어 변태후 페라이트 결정립 미세화가 충분히 이루어지지 않으며, 이에 따라 강도 확보가 어려워질 수 있다.
- [0058] 이때, 본 발명에서는 각 패스마다 충분한 압연이 이루어질 수 있도록, 각 패스당 평균 압하율은 5 ~ 15%가 되도록 실시하는 것이 바람직하다. 만일, 각 패스당 평균 압하율이 5% 미만으로 실시될 경우에는 두께 중심부까지 스트레인이 충분히 가해지지 못하여 냉각 후 미세한 결정립을 확보하는 데 어려움이 따를 수 있다. 반대로, 각 패스당 평균 압하율이 15%를 초과할 경우에는 압연기의 부하로 인하여 제조가 불가능해지는 문제가 있다.
- [0059] 냉각
- [0060] 냉각 단계(S130)에서는 열간압연된 강을 런아웃테이블로 진입시켜 SCT(Start Cooling Temperature) : 890 ~ 910℃ 및 FCT(Finish Cooling Temperature) : 65 ~ 70℃ 조건으로 냉각한다.
- [0061] 본 단계에서, 판의 머리 부분과 판의 꼬리 부분에서의 냉각 주수량을 일정하게 유지되도록 하여 열응력(thermal stress)을 최소화시켜 판의 평탄도를 향상시키기 위해서는, 냉각개시온도 및 냉각종료온도를 890 ~ 910℃ 및 65 ~ 70℃로 각각 설정하고, 냉각속도를 20 ~ 25℃/sec로 실시하는 것이 바람직하다.
- [0062] 위의 냉각 조건에 따라, 런아웃테이블을 통과하는 강의 전단에 배치되는 머리 부분과 후단에 배치되는 꼬리 부분의 미세조직이 균일하면서도 머리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 50mm 이하이고, 꼬리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 25mm 이하를 가짐으로써, 균일한 평탄도를 확보하여 생산성을 향상시킬 수 있다. 이때, 스키업 높이는 런아웃테이블과 강이 접촉하는 중앙 부분으로부터 강의 머리 부분 및 꼬리 부분이 위로 볼록하게 상승한 높이 편차라 정의할 수 있다.
- [0063] 따라서, 본 발명에 따른 방법으로 제조되는 강재는 최종 미세조직이 페라이트(ferrite) 및 베이나이트(bainite)를 포함하는 복합 조직을 갖되, 베이나이트 조직이 단면 면적율로 70% 이상을 차지하게 된다.
- [0064] 이때, 냉각개시온도(SCT)가 890℃ 미만일 경우에는 페라이트의 형성 분율이 너무 높아 강도가 미달될 수 있다. 반대로, 냉각개시온도(SCT)가 990℃를 초과할 경우, 페라이트 형성 분율이 너무 낮아 강도는 높으나 항복비가 목표값을 초과하게 되어 변형능을 확보할 수 없는 문제가 있다.
- [0065] 또한, 냉각종료온도(FCT)가 65℃ 미만일 경우에는 저온변태조직이 다량 형성되어 저온 인성이 저하되는 문제점이 있다. 반대로, 냉각종료온도(FCT)가 70℃를 초과할 경우에는 조대한 미세조직의 형성으로 인해 강도가 저하되는 문제가 있다.
- [0066] 특히, 냉각속도가 20℃/sec 미만일 경우에는 결정립 성장이 촉진되어 강도 확보에 어려움이 따르며, 판의 머리 부분과 판의 꼬리 부분 간의 열응력 편차가 심화되어 판 변형을 유발할 수 있다. 반대로, 냉각속도가 25℃/sec 초과할 경우에는 평탄도 효과 면에서는 유리하나, 저온 인성이 급격히 저하되는 문제점이 있다.
- [0067] 상기의 냉각 이후에는, 상온까지 공냉이 실시될 수 있다.
- [0068] 상기의 과정(S110 ~ S130)으로 제조되는 압력용기 강재는 냉각개시온도(SCT) 및 냉각종료온도(FCT)를 조절함과 더불어, 냉각속도를 20 ~ 25℃/sec로 증가시켜 판 머리 부분과 판 꼬리 부분의 냉각속도를 일정하게 유지함으로써 열 응력이 최소화되도록 하여 판의 평탄도를 향상시킬 수 있다.
- [0069] 따라서, 본 발명에 따른 압력용기 강재 및 그 제조 방법은 전단에 배치되는 머리 부분과 후단에 배치되는 꼬리 부분의 미세조직이 균일하면서도 머리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 50mm 이하이고, 꼬리 부분의 스키업 높이(ski-up height)가 25mm 이하를 가짐으로써, 균일한 평탄도를 확보하여 생산성을 향상시킬 수 있다.
- [0070] 실시예

[0071] 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.

[0072] 여기에 기재되지 않은 내용은 이 기술 분야에서 숙련된 자이면 충분히 기술적으로 유추할 수 있는 것이므로 그 설명을 생략하기로 한다.

[0073] 1. 시편의 제조

[0074] 표 1의 조성과 표 2의 공정 조건으로 실시예 1 ~ 3 및 비교예 1 ~ 2에 따른 시편을 제조하였다. 이때, 실시예 1 ~ 3 및 비교예 1 ~ 2에 따른 열연시편의 경우, 각각의 조성을 갖는 잉곳을 제조하고, 이를 압연모사시험기를 이용하여 가열, 열간압연 및 냉각을 실시하였다. 이후, 실시예 1 ~ 3 및 비교예 1 ~ 2에 따라 제조된 시편들에 대하여 인장시험 및 스키업 높이 측정을 실시하였다.

[0075] [표 1](단위 : 중량%)

구 분	C	Si	Mn	P	S	S_Al	Cr	Mo	N	H
실시예 1	0.11	0.3	1.4	0.006	0.0001	0.07	0.1	0.06	0.004	0.0002
실시예 2	0.13	0.4	1.5	0.006	0.0001	0.06	0.2	0.05	0.004	0.0002
실시예 3	0.14	0.4	1.3	0.006	0.0001	0.08	0.1	0.07	0.004	0.0002
비교예 1	0.10	0.3	1.4	0.006	0.0001	0.09	0.1	0.04	0.004	0.0002
비교예 2	0.12	0.3	1.5	0.006	0.0001	0.06	0.2	0.05	0.004	0.0002

[0076]

[0077] [표 2]

구 분	판 두께 (mm)	SRT (℃)	FRT (℃)	SCT (℃)	FCT (℃)	CR (℃/sec)
실시예 1	22	1199	973	901	68	23
실시예 2	22	1196	971	903	70	22
실시예 3	22	1195	972	898	65	21
비교예 1	22	1197	972	881	88	15.3
비교예 2	22	1196	971	879	84	16.1

[0078]

[0079] 2. 기계적 물성 평가

[0080] 표 3은 실시예 1 ~ 3 및 비교예 1 ~ 2에 따라 제조된 시편들에 대한 기계적 물성을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

[0081] [표 3]

구분	머리 부분			꼬리 부분		
	TS (MPa)	YS (MPa)	EL (%)	TS (MPa)	YS (MPa)	EL (%)
실시에 1	611	437	21	607	431	22
실시에 2	621	451	19	614	446	19
실시에 3	598	429	23	601	430	23
비교예 1	482	396	26	461	385	27
비교예 2	479	385	27	494	392	27

[0082]

[0083] 표 1 내지 표 3을 참조하면, 실시예 1 ~ 3에 따라 제조된 시편들의 경우, 목표값에 해당하는 인장강도(TS) : 500 ~ 650MPa, 항복강도(YS) : 350 ~ 550MPa 및 연신율(EL) : 18 ~ 30%를 모두 만족하는 것을 알 수 있다.

[0084] 반면, 비교예 1 ~ 2에 따른 시편들의 경우, 항복강도(YS) 및 연신율(EL)은 목표값을 만족하였으나, 인장강도(TS)가 목표값에 미달하는 것을 알 수 있다. 이는 냉각개시온도(SCT), 냉각종료온도(FCT) 및 냉각속도(CR)가 본 발명에서 제시하는 범위를 벗어나는데 기인한 것으로 파악된다.

[0085] 특히, 실시예 1 ~ 3에 따른 시편들의 경우에는 머리 부분과 꼬리 부분에서의 인장강도(TS) 및 항복강도(YS) 값에 큰 차이가 없었으나, 비교예 1 ~ 2에 따른 시편들의 경우에는 머리 부분과 꼬리 부분에서의 인장강도(TS) 및 항복강도(YS) 값에 편차가 많이 발생한 것을 확인하였다.

[0086] **3. 스키업 높이 측정 평가**

[0087] 표 4는 실시예 1 ~ 3 및 비교예 1 ~ 2에 따른 시편들에 대한 스키업 높이 측정 결과를 나타낸 것이다. 또한, 도 2는 비교예 1에 따른 시편의 스키업 높이 측정 결과를 나타낸 도면이고, 도 3은 실시예 1에 따른 시편의 스키업 높이 측정 결과를 나타낸 도면이다.

[0088] [표 4]

구분	스키업 높이 (mm)	
	머리 부분	꼬리 부분
실시에 1	30	17
실시에 2	25	14
실시에 3	26	16
비교예 1	150	80
비교예 2	155	85

[0089]

[0090] 표 4, 도 2 및 도 3을 참조하면, 실시예 1 ~ 3에 따른 시편들의 경우, 머리 부분과 꼬리 부분의 스키업 높이가 30, 25, 26mm 및 17, 14, 16mm로 목표값을 모두 만족하는 것을 알 수 있다.

[0091] 특히, 실시예 1(20)에 따른 시편의 경우, 전단 부분에 배치되는 머리 부분의 스키업 높이(H1)가 30mm로 측정되

었고, 후단 부분에 배치되는 꼬리 부분의 스키업 높이(H2)가 17mm로 측정되었다.

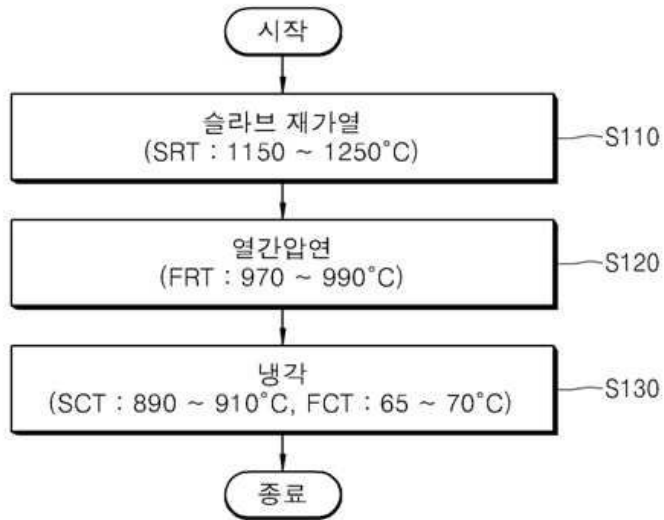
- [0092] 반면, 비교예 1(10) 및 비교예 2에 따른 시편들의 경우에는 머리 부분과 꼬리 부분의 스키업 높이(H1, H2)가 150, 155mm 및 80, 85mm로 각각 측정되었다.
- [0093] 위의 실험 결과에서 알 수 있는 바와 같이, 실시예 1 ~ 3에 따른 시편들의 경우, 머리 부분과 꼬리 부분에서의 스키업 높이가 낮아 관 변형이 크게 발생하지 않았는데 반해, 비교예 1 ~ 2에 따른 시편들의 경우에는 머리 부분과 꼬리 부분에서의 스키업 높이가 상당히 높아 위로 볼록한 형태로 관 변형이 발생된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 실시예 1 ~ 3에 따른 시편들이 비교예 1 ~ 2에 따른 시편들에 비하여 평탄도가 우수하다는 것을 확인하였다.
- [0094] 한편, 도 4는 비교예 1에 따른 시편의 머리 부분과 꼬리 부분에 대한 최종 미세조직을 각각 나타낸 사진이고, 도 5는 실시예 1에 따른 시편의 머리 부분과 꼬리 부분에 대한 최종 미세조직을 각각 나타낸 사진이다. 이때, 도 4 및 도 5의 (a)는 머리 부분에 대한 미세조직 사진이고, 도 4 및 도 5의 (b)는 꼬리 부분에 대한 미세조직 사진이다.
- [0095] 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, 비교예 1에 따른 시편의 머리 부분은 최종 미세조직이 페라이트 및 베이나이트를 포함하는 복합 조직을 갖는 것을 확인할 수 있다. 반면, 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, 비교예 1에 따른 시편의 꼬리 부분은 최종 미세조직이 페라이트 및 펄라이트를 포함하는 복합 조직을 갖는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이, 비교예 1에 따른 시편은 머리 부분과 꼬리 부분의 최종 미세조직이 서로 상이한 조직을 갖는 것을 알 수 있다.
- [0096] 반면, 도 5의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 실시예 1에 따른 시편의 경우에는 머리 부분과 꼬리 부분 모두 최종 미세조직이 페라이트 및 베이나이트를 포함하는 복합조직을 갖는 것을 확인할 수 있으며, 결정립도 미세화된 것을 확인할 수 있다.
- [0097] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

부호의 설명

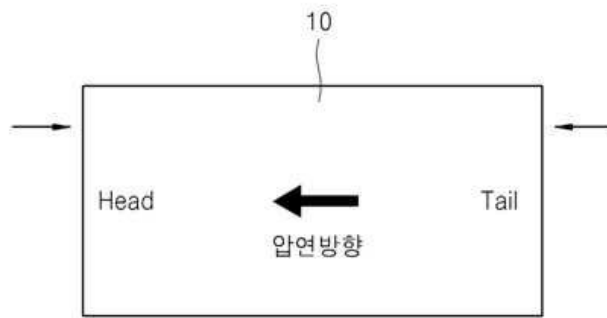
- [0098] S110 : 슬라브 재가열 단계
- S120 : 열간압연 단계
- S130 : 냉각 단계

도면

도면1



도면2

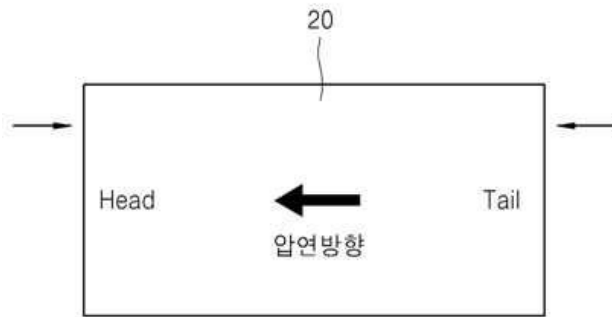


(a)



(b)

도면3

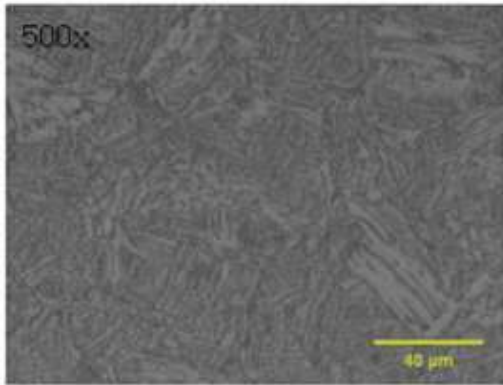


(a)

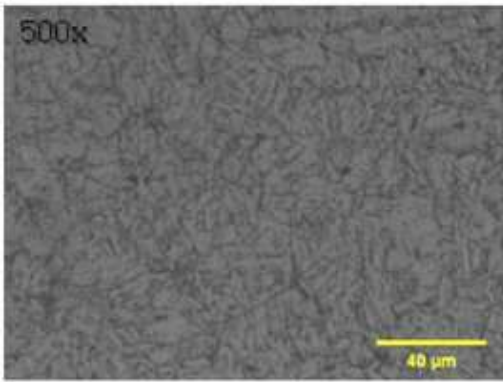


(b)

도면4

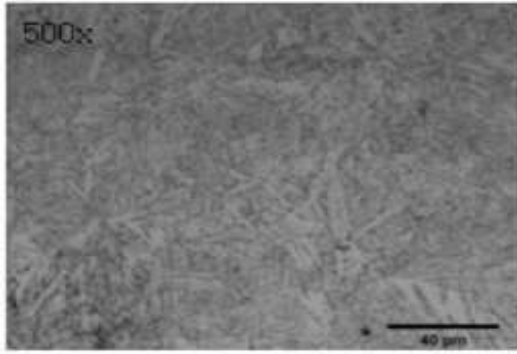


(a)

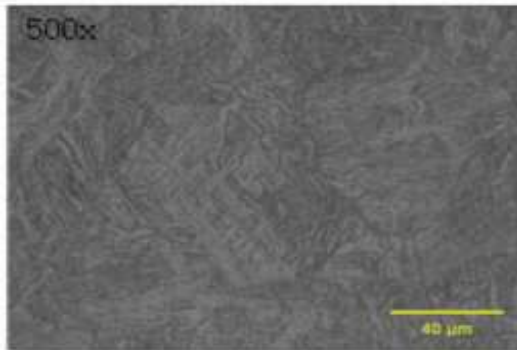


(b)

도면5



(a)



(b)