



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0076799
(43) 공개일자 2020년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/08 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01) C22C 38/14 (2006.01)
C22C 38/16 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C22C 38/04 (2013.01)
C21D 8/0221 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0165181

(22) 출원일자 2018년12월19일

심사청구일자 2018년12월19일

(71) 출원인

주식회사 포스코

경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)

(72) 발명자

김상호

경상북도 포항시 남구 동해안로 6262

방기현

경상북도 포항시 남구 동해안로 6262

(74) 대리인

특허법인씨엔에스

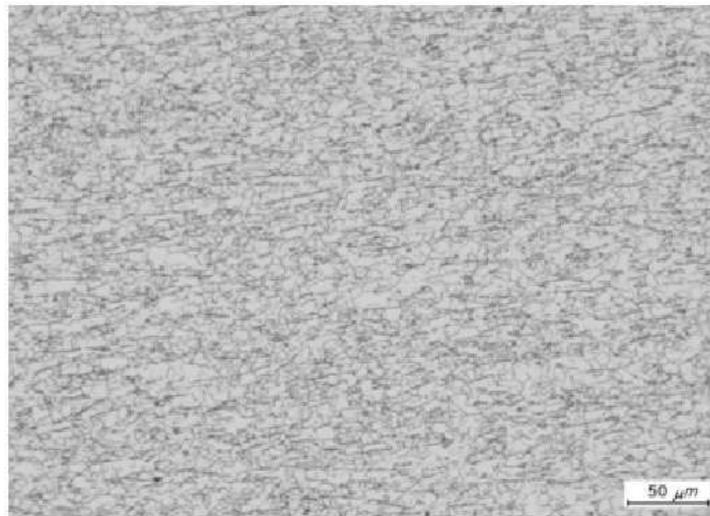
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명의 일 측면에 따른 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판은, 중량%로, 탄소(C): 0.02~0.06%, 실리콘(Si): 0.1~0.3%, 망간(Mn): 1.3~1.8%, 알루미늄(Al): 0.01~0.06%, 니오븀(Nb): 0.005~0.02%, 구리(Cu): 0.1~0.6%, 니켈(Ni): 0.2~1.2%, 티타늄(Ti): 0.005~0.02%, 인(P): 0.012% 이하, 황(S): 0.005% 이하, 질소(N): 0.002~0.006%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 강판 두께(t)가 80mm 이상이고, t/2 지점에서 측정된 유효 결정립의 평균 크기 3 μ m 이하일 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C21D 8/0247 (2013.01)

C22C 38/001 (2013.01)

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C22C 38/08 (2013.01)

C22C 38/12 (2013.01)

C22C 38/14 (2013.01)

C22C 38/16 (2013.01)

C21D 2211/009 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

중량%로, 탄소(C): 0.02~0.06%, 실리콘(Si): 0.1~0.3%, 망간(Mn): 1.3~1.8%, 알루미늄(Al): 0.01~0.06%, 니오븀(Nb): 0.005~0.02%, 구리(Cu): 0.1~0.6%, 니켈(Ni): 0.2~1.2%, 티타늄(Ti): 0.005~0.02%, 인(P): 0.012% 이하, 황(S): 0.005% 이하, 질소(N): 0.002~0.006%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 강판 두께(t)가 80mm 이상이고, t/2 지점에서 측정된 유효 결정립의 평균 크기 3 μ m 이하인, 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판.

여기서, 유효 결정립의 평균 크기는 전자후방산란패턴(Electro Back Scattered Pattern, EBSP)법으로 측정된 결정 방위차가 15° 이상인 대각 입계로 정의되는 결정립들의 평균 원 상당 지름을 의미한다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 극후물 강판은 95면적% 이상의 페라이트를 미세조직으로 포함하는, 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 극후물 강판의 미세조직은 4면적% 이하의 펄라이트 및 1면적% 이하의 베이나이트 중 1종 이상을 더 포함하는, 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 극후물 강판의 인장강도는 520MPa 이상인, 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 극후물 강판은 t/2 지점에서의 충격인성이 T100J 천이온도 기준으로 -100℃ 이하인, 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판.

여기서, T100J 천이온도는 복수의 온도 조건에서 샤르피 충격시험을 실시한 후 얻어진 흡수에너지 값들을 시그모이드 함수(sigmoid function)로 변환하여 얻어진 곡선에서 흡수에너지 값이 100J에 해당하는 온도를 의미한다.

청구항 6

중량%로, 탄소(C): 0.02~0.06%, 실리콘(Si): 0.1~0.3%, 망간(Mn): 1.3~1.8%, 알루미늄(Al): 0.01~0.06%, 니오븀(Nb): 0.005~0.02%, 구리(Cu): 0.1~0.6%, 니켈(Ni): 0.2~1.2%, 티타늄(Ti): 0.005~0.02%, 인(P): 0.012% 이하, 황(S): 0.005% 이하, 질소(N): 0.002~0.006%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 두께 중심부 온도 기준으로 1150℃ 이상의 온도범위에서 1차 가열하고,

상기 1차 가열된 슬라브를 상기 슬라브의 두께 중심부 온도 기준으로 500℃ 이하의 온도범위로 중간 냉각하고,

상기 중간 냉각된 슬라브를 상기 슬라브의 두께 중심부 온도 기준으로 Ac3~1000℃의 온도범위로 2차 가열하고,

상기 2차 가열된 슬라브의 표면 온도 기준으로 Ar3~(Ar3+150℃)의 온도범위에서 상기 슬라브의 마무리 압연을 종료하여 극후물 강판을 제공하고,

상기 마무리 압연된 극후물 강판의 두께 중심부 온도를 기준으로 2℃/s 이상의 냉각속도로 Bf 이하의 온도범위까지 상기 극후물 강판을 최종 냉각하는, 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 1차 가열에서, 상기 슬라브의 두께당 1분 이상의 시간 동안 상기 슬라브를 가열하는, 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판의 제조방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 2차 가열된 슬라브를 조압연하여 조압연 바를 제공하고,

상기 조압연 바의 표면 온도가 상기 마무리 압연의 온도범위까지 도달하도록 대기한 후 상기 조압연 바를 마무리 압연하는, 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판의 제조방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 마무리 압연의 누적 압하율은 40% 이상인, 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 극후물 강판 및 그 제조방법에 관한 것이며, 상세하게는 두께 중심부 인성이 우수하여 선박, 해양구조물, 건축구조물, 압력용기 등의 제작에 특히 적합한 극후물 강판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 선박, 해양, 건축, 토목 분야에서 사용되는 구조물의 대형화가 가속화됨에 따라, 이러한 대형 구조물에 적용되는 강판의 후물화 요구가 증가하는 추세이다. 또한, 이와 같은 대형 구조물에서는 특히, 안정성이 매우 중요한데, 이를 뒷받침하기 위해 강판의 평균 물성인 두께방향 1/4 지점에서의 물성뿐만 아니라, 1/2 지점, 즉 두께 중심부 물성 보증을 요구하는 경우가 증가하고 있다.

[0004] 그러나 일반적으로 강판의 두께가 증가할수록 두께 중심부의 물성 확보가 매우 어려워진다. 이는 오늘날 고성능 강판의 제조 시 거의 필수적으로 적용되는 제어압연과 가속냉각의 적용 한계에서 기인한다. 제어압연과 가속냉각을 수행하더라도 두께 80mm 이상의 극후물 강판에서는 제어압연에 의한 롤 부하가 두께 중심부까지 충분히 전달되지 못할 뿐만 아니라, 강판의 열전달 계수의 한계로 인하여 표층과 두께 중심부의 냉각속도 차이가 커서 두께 중심부에는 충분한 냉각속도를 확보하지 못하므로, 제어압연과 가속냉각에 의한 효과를 충분히 확보할 수 없기 때문이다.

[0006] 이와 같은 한계를 극복하기 위해 낮은 냉각속도에서도 충분한 냉각효과를 얻어 강도를 확보하기 위한 방법들 중 하나로서 구리(Cu), 니켈(Ni), 크롬(Cr) 등 소위 경화능 향상원소라고 불리는 고가의 원소를 다량 투입하는 방법이 종래 제안되었다. 그러나 이러한 원소들은 강판의 용접성을 해칠 수 있으며, 고가의 원소이기 때문에 경제적인 측면에서 매우 불리하다.

[0008] 최근, 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 구리(Cu), 니켈(Ni), 크롬(Cr)과 같은 고가의 원소를 대신하여 보론(B)을 첨가하는 방법이 제안되었다. 보론(B)은 다른 원소들에 비해 소량의 첨가만으로도 강의 경화능을 크게

향상시킬 수 있는 원소이므로, 낮은 냉각속도에서도 강재의 조직을 경질조직으로 변태시키는데 용이한 원소이다. 그러나 후강관에 보론(B)을 첨가하여 두께 중심부에 경질조직을 형성시킨다고 하더라도, 후강관의 두께 중심부 조직의 미세화에는 여전히 한계점이 존재한다. 즉, 보론(B)의 첨가에 의하더라도 제어압연에 의한 롤부하 전달의 문제 및 두께 중심부의 냉각속도 확보 등의 문제를 여전히 해결할 수 없으므로, 두께 중심부에 조대한 미세조직이 형성되어 강관의 충격인성이 크게 저하될 수 있다.

[0010] 특허문헌 1은 티타늄 질화물(TiN)과 마르텐사이트-오스테나이트 조직(M-A 조직)을 적절한 형태로 제어하여 모재부의 인성을 확보하는 기술을 제안한다. 특허문헌 1의 경우, 구리(Cu), 니켈(Ni), 크롬(Cr)과 같은 원소를 다량 첨가하지 않아 경제성을 확보할 수 있지만, 과도한 공정 부하를 유발하여 현장 적용에 바람직하지 않다. 티타늄 질화물의 조대화를 방지하기 위해서는 용강 중 산화물의 조성을 정밀하게 제어해야 하고, 주조 후 냉각 과정에서 냉각시간을 엄격히 조절해야 하기 때문이다.

[0012] 따라서, 고가의 경화능 원소를 다량 투입하지 않으면서도, 과도한 공정 부하를 유발하지 않고, 두께 중심부 인성을 효과적으로 확보 가능한 극후물 강관 및 그 제조방법의 개발이 시급한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2009-0034284호(2009.04.07. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명의 한 가지 측면에 따르면 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강관 및 그 제조방법이 제공될 수 있다

[0015] 본 발명의 과제는 상술한 내용에 한정되지 않는다. 통상의 기술자라면 본 명세서의 전반적인 내용으로부터 본 발명의 추가적인 과제를 이해하는데 아무런 어려움이 없을 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 일 측면에 따른 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강관은, 중량%로, 탄소(C): 0.02~0.06%, 실리콘(Si): 0.1~0.3%, 망간(Mn): 1.3~1.8%, 알루미늄(Al): 0.01~0.06%, 니오븀(Nb): 0.005~0.02%, 구리(Cu): 0.1~0.6%, 니켈(Ni): 0.2~1.2%, 티타늄(Ti): 0.005~0.02%, 인(P): 0.012% 이하, 황(S): 0.005% 이하, 질소(N): 0.002~0.006%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 강관 두께(t)가 80mm 이상이고, t/2 지점에서 측정된 유효 결정립의 평균 크기 3 μ m 이하일 수 있다.

[0017] 여기서, 유효 결정립의 평균 크기는 전자후방산란패턴(Electro Back Scattered Pattern, EBSP)법으로 측정된 결정 방위차가 15° 이상인 대각 입계로 정의되는 결정립들의 평균 원 상당 지름을 의미할 수 있다.

[0018] 상기 극후물 강관은 95면적% 이상의 페라이트를 미세조직으로 포함할 수 있다.

[0019] 상기 극후물 강관의 미세조직은 4면적% 이하의 펄라이트 및 1면적% 이하의 베이나이트 중 1종 이상을 더 포함할 수 있다.

[0020] 상기 극후물 강관의 인장강도는 520MPa 이상일 수 있다.

[0021] 상기 극후물 강관은 t/2 지점에서의 충격인성이 T100J 천이온도 기준으로 -100℃ 이하일 수 있다.

[0022] 여기서, T100J 천이온도는 복수의 온도 조건에서 샤르피 충격시험을 실시한 후 얻어진 흡수에너지 값들을 시그모이드 함수(sigmoid function)로 변환하여 얻어진 곡선에서 흡수에너지 값이 100J에 해당하는 온도를 의미할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 측면에 따른 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강관은, 중량%로, 탄소(C): 0.02~0.06%, 실리콘

(Si): 0.1~0.3%, 망간(Mn): 1.3~1.8%, 알루미늄(Al): 0.01~0.06%, 니오븀(Nb): 0.005~0.02%, 구리(Cu): 0.1~0.6%, 니켈(Ni): 0.2~1.2%, 티타늄(Ti): 0.005~0.02%, 인(P): 0.012% 이하, 황(S): 0.005% 이하, 질소(N): 0.002~0.006%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 두께 중심부 온도 기준으로 1150℃ 이상의 온도범위에서 1차 가열하고, 상기 1차 가열된 슬라브를 상기 슬라브의 두께 중심부 온도 기준으로 500℃ 이하의 온도범위로 중간 냉각하고, 상기 중간 냉각된 슬라브를 상기 슬라브의 두께 중심부 온도 기준으로 Ac3~1000℃의 온도범위로 2차 가열하고, 상기 2차 가열된 슬라브의 표면 온도 기준으로 Ar3~(Ar3+150℃)의 온도 범위에서 상기 슬라브의 마무리 압연을 종료하여 극후물 강판을 제공하고, 상기 마무리 압연된 극후물 강판의 두께 중심부 온도를 기준으로 2℃/s 이상의 냉각속도로 Bf 이하의 온도범위까지 상기 극후물 강판을 최종 냉각하여 제조될 수 있다.

- [0024] 상기 1차 가열에서, 상기 슬라브의 두께당 1분 이상의 시간 동안 상기 슬라브를 가열할 수 있다.
- [0025] 상기 2차 가열된 슬라브를 조압연하여 조압연 바를 제공하고, 상기 조압연 바의 표면 온도가 상기 마무리 압연의 온도범위까지 도달하도록 대기한 후 상기 조압연 바를 마무리 압연할 수 있다.
- [0026] 상기 마무리 압연의 누적 압하율은 40% 이상일 수 있다.
- [0027] 상기 과제에 해결 수단은 본 발명의 특징을 모두 열거한 것은 아니며, 본 발명의 다양한 특징과 그에 따른 장점과 효과는 아래의 구체적인 실시예를 참조하여 보다 상세하게 이해될 수 있을 것이다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명의 일 측면에 따르면, 인장강도가 520MPa 이상이고, 중심부 충격이 T100J 기준 -100℃ 이하로, 선박, 해양, 건축, 토목 분야에서 사용되는 구조물의 소재로 특히 적합한 물성을 가지는 극후물 강판 및 그 제조방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 시편 1의 두께 1/2 지점의 미세조직을 관찰한 광학사진이다.
- 도 2는 시편 10의 두께 1/2 지점을 미세조직을 관찰한 광학사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 발명은 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판 및 그 제조방법에 관한 것으로, 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명하고자 한다. 본 발명의 실시예들은 여러 가지 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 설명되는 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 실시예들은 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자에게 본 발명을 더욱 상세하게 위하여 제공되는 것이다.
- [0032] 이하, 본 발명의 강 조성에 대해 보다 자세히 설명한다. 이하, 특별히 달리 표시하지 않는 한 각 원소의 함량을 나타내는 %는 중량을 기준으로 한다.
- [0034] 본 발명의 일 측면에 따른 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판은, 중량%로, 탄소(C): 0.02~0.06%, 실리콘(Si): 0.1~0.3%, 망간(Mn): 1.3~1.8%, 알루미늄(Al): 0.01~0.06%, 니오븀(Nb): 0.005~0.02%, 구리(Cu): 0.1~0.6%, 니켈(Ni): 0.2~1.2%, 티타늄(Ti): 0.005~0.02%, 인(P): 0.012% 이하, 황(S): 0.005% 이하, 질소(N): 0.002~0.006%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함할 수 있다.
- [0035]
- [0036] 탄소(C): 0.02~0.06%
- [0037] 탄소(C)는 강의 강도를 확보하는 가장 효과적인 원소이므로, 적절한 범위 내에서 강 중에 함유될 필요가 있다. 본 발명은 극후물 강판의 강도 확보를 위해 탄소(C) 함량의 하한을 0.02%로 제한할 수 있다. 다만, 경화능 향상 원소인 탄소(C)가 과다하게 첨가되는 경우, 저온 조직의 분율이 증가하여 두께 중심부 충격 인성 확보에 바람직하지 않으므로, 본 발명은 탄소(C) 함량의 상한을 0.06%로 제한할 수 있다. 따라서, 본 발명의 탄소(C) 함량은 0.02~0.06%의 범위일 수 있다.

- [0039] 실리콘(Si): 0.1~0.3%
- [0040] 실리콘(Si)은 제강시 강의 탈산에 기여하고, 고용 강화를 통해 강의 강도 향상에 기여하는 원소이다. 본 발명은 이러한 효과를 달성하기 위하여 실리콘(Si) 함량의 하한을 0.1%로 제한할 수 있다. 다만, 실리콘(Si)이 과도하게 첨가되는 경우, 극후물 강판의 강도가 과도하게 증가하여 충격 인성의 저하를 유발하므로, 본 발명은 목적하는 충격 인성 확보를 위해 실리콘(Si) 함량의 상한을 0.3%로 제한할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실리콘(Si) 함량은 0.1~0.3%의 범위일 수 있다.
- [0041]
- [0042] 망간(Mn): 1.3~1.8%
- [0043] 망간(Mn)은 고용강화 및 경화능 향상을 통해 강의 강도를 효과적으로 향상시키는 원소이며, 경화능 향상에 기여하는 다른 원소들에 비해 합금원가가 낮아 경제적으로 경화능을 향상시킬 수 있는 원소이기도 한다. 본 발명은 이러한 효과를 달성하기 위하여 망간(Mn) 함량의 하한을 1.3%로 제한할 수 있다. 다만, 망간(Mn)이 과도하게 첨가되는 경우, 과도한 경화능의 증가 및 편석 발생에 따른 충격 인성 저하가 우려되는바, 본 발명은 목적하는 충격 인성 확보를 위해 망간(Mn) 함량의 상한을 1.8%로 제한할 수 있다. 따라서, 본 발명의 망간(Mn) 함량은 1.3~1.8%의 범위일 수 있다.
- [0045] 알루미늄(Al): 0.01~0.06%
- [0046] 알루미늄(Al)은 대표적인 탈산 원소이므로, 본 발명은 강의 청정성 확보를 위해 알루미늄(Al) 함량의 하한을 0.01%로 제한할 수 있다. 다만, 알루미늄(Al)이 과도하게 첨가되는 경우, 극후물 강판의 용접부 인성을 저해할 우려가 있으므로, 본 발명은 알루미늄(Al) 함량의 상한을 0.06%로 제한할 수 있다. 따라서, 본 발명의 알루미늄(Al) 함량은 0.01~0.06%의 범위일 수 있다.
- [0047]
- [0048] 니오븀(Nb): 0.005~0.02%
- [0049] 니오븀(Nb)은 탄화물 또는 질화물로 석출하여 모재의 강도 향상에 기여하는 원소이다. 또한, 고온 재가열시 고용된 니오븀(Nb)은 압연 시 탄화물 또는 질화물의 형태로 매우 미세하게 석출되어 오스테나이트의 재결정을 억제하므로, 조직 미세화에 효과적으로 기여하는 원소이다. 본 발명은 이와 같은 효과 달성을 위해 0.005% 이상의 니오븀(Nb)을 첨가한다. 다만, 니오븀(Nb)이 과도하게 첨가되는 경우, 강재의 모서리에 취성크랙을 야기할 가능성이 있으며, 과도한 석출물 생성 및 다량의 마르텐사이트-오스테나이트 조직의 형성에 따른 인성 저하가 문제될 수 있으므로, 본 발명은 니오븀(Nb) 함량의 상한을 0.02%로 제한할 수 있다. 따라서, 본 발명의 니오븀(Nb) 함량은 0.005~0.02%의 범위일 수 있다.
- [0051] 구리(Cu): 0.1~0.6%
- [0052] 구리(Cu)는 경화능 향상 원소로서, 강의 강도 향상에 효과적으로 기여하는 원소이다. 본 발명은 강도 향상 효과를 달성하기 위하여 구리(Cu) 함량의 하한을 0.1%로 제한할 수 있다. 다만, 구리(Cu)가 과도하게 첨가되는 경우, 재가열 과정에서 오스테나이트 결정립계로 침투한 구리(Cu)가 압연 과정에서 표면 결함을 유발할 수 있으며, 구리(Cu)는 고가의 원소로 경제적 측면에서도 바람직하지 않으므로, 본 발명은 구리(Cu) 함량의 상한을 0.6%로 제한할 수 있다. 따라서, 본 발명의 구리(Cu) 함량은 0.1~0.6%의 범위일 수 있다.
- [0054] 니켈(Ni): 0.2~1.2%
- [0055] 니켈(Ni)은 오스테나이트의 변태 온도를 낮추어 페라이트 결정립을 미세화하고, 저온에서 크로스 슬립을 조장하여 인성이 급격히 저하되는 것을 억제하는 원소이다. 본 발명은 이와 같은 효과를 달성하기 위하여 니켈(Ni) 함량의 하한을 0.2%로 제한할 수 있다. 다만, 니켈(Ni) 역시 고가의 원소로 다량 첨가는 경제적 측면에서 바람직하지 않으므로, 본 발명은 니켈(Ni) 함량의 상한을 1.2%로 제한할 수 있다. 따라서, 본 발명의 니켈(Ni) 함량은

0.2~1.2%의 범위일 수 있다.

- [0057] 티타늄(Ti): 0.005~0.02%
- [0058] 티타늄(Ti)은 TiN 석출물을 형성하여 모재 및 용접 열영향부의 결정립 성장을 억제하므로, 저온인성의 향상에 효과적으로 기여하는 원소이다. 본 발명은 TiN 석출물 형성에 따른 결정립 성장 억제 효과를 달성하기 위해 티타늄(Ti) 함량의 하한을 0.005%로 제한할 수 있다. 다만, 티타늄(Ti)이 과다하게 첨가되는 경우, 조대한 TiN 정출에 의해 오히려 저온인성이 열위해지는 문제가 발생하므로, 본 발명은 티타늄(Ti) 함량의 상한을 0.02%로 제한할 수 있다. 따라서, 본 발명의 티타늄(Ti) 함량은 0.005~0.02%의 범위일 수 있다.
- [0060] 인(P): 0.012% 이하
- [0061] 인(P)은 강 중에 불가피하게 혼입되는 불순물로서, 망간(Mn)과 같이 쉽게 편석되는 원소이다. 따라서, 인(P) 함량을 가급적 낮게 제어하는 것이 바람직하나, 본 발명은 제강비용의 과다한 증가를 방지하기 위해 인(P) 함량의 상한을 0.012%로 제한할 수 있다.
- [0063] 황(S): 0.005% 이하
- [0064] 황(S)은 강 중에 불가피하게 혼입되는 불순물로서, MnS 등의 비금속 개재물을 형성하여 두께 중심부 물성을 저하시키는 원소이다. 따라서, 황(S) 함량을 가급적 낮게 제어하는 것이 바람직하나, 본 발명은 공업적인 제조 비용을 고려하여 황(S) 함량의 상한을 0.005%로 제한할 수 있다.
- [0066] 질소(N): 0.002~0.006%
- [0067] 질소(N)는 티타늄(Ti) 및 니오븀(Nb)과 결합하여 조직의 미세화에 효과적으로 기여하는 원소이므로, 본 발명은 이와 같은 효과 달성을 위해 질소(N) 함량의 하한을 0.002%로 제한할 수 있다. 다만, 질소(N)가 과다하게 첨가되는 경우, 강판 표면 품질을 저하시킬 수 있으므로, 본 발명은 질소(N) 함량의 상한을 0.006%로 제한할 수 있다. 따라서, 본 발명의 질소(N) 함량은 0.002~0.006%의 범위일 수 있다.
- [0069] 본 발명의 극후물 강판은, 상술한 강 조성 이외에 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함할 수 있다. 불가피한 불순물은 통상의 철강 제조공정에서 의도되지 않게 혼입될 수 있는 것으로, 이를 전면 배제할 수는 없으며, 통상의 철강제조 분야의 기술자라면 그 의미를 쉽게 이해할 수 있다. 또한, 본 발명은, 앞서 언급한 강 조성 이외의 다른 조성의 첨가를 전면적으로 배제하는 것은 아니다.
- [0071] 이하, 본 발명의 미세조직에 대해 보다 자세히 설명한다. 이하, 특별히 달리 표시하지 않는 한 미세조직의 분율을 나타내는 %는 면적을 기준으로 한다.
- [0073] 본 발명의 극후물 강판은, 페라이트를 주 조직으로 포함할 수 있으며, 페라이트의 면적분율은 95% 이상일 수 있다.
- [0075] 본 발명의 극후물 강판은, 펄라이트 및 베이나이트 중 1종 이상을 제2 조직으로 포함할 수 있으며, 펄라이트 및 베이나이트는 각각 4% 이하 및 1% 이하의 면적분율로 포함될 수 있다. 펄라이트의 면적분율이 4%를 초과하거나, 베이나이트의 면적분율이 1%를 초과하는 경우, 두께 중심부의 충격인성 확보가 곤란하기 때문이다. 또한, 본 발명은 펄라이트 또는 베이나이트의 면적분율이 0%인 경우를 포함할 수 있다.
- [0077] 본 발명의 극후물 강판은 t/2 지점에서 측정된 유효 결정립의 평균 크기 3 μ m 이하일 수 있다. 여기서, t는 강판

의 두께(mm)를 의미하며, 이하에서의 t 역시 강판의 두께(mm)를 의미한다. 본 발명의 유효 결정립의 평균 크기는 Kikuchi 패턴에 기초하는 전자후방산란패턴(Electro Back Scattered Pattern, EBSP)법으로 측정 시 결정 방위차가 15° 이상인 대각 입계로 정의되는 결정립들의 평균 원 상당 지름으로 정의될 수 있다. 본 발명의 극후물 강판은 강판 두께 중심부에서의 유효 결정립을 미세화하므로, 강판 두께 중심부에서의 충격인성을 효과적으로 확보할 수 있다.

[0079] 본 발명의 일 측면에 따른 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판은, 인장강도가 520MPa 이상이며, t/2 지점에서의 충격인성이 T100J 천이온도 기준으로 -100℃ 이하일 수 있다. 본 발명에서 T100J 천이온도는 복수의 온도 조건에서 샤르피 충격시험을 실시한 후 얻어진 흡수에너지 값들을 시그모이드 함수(sigmoid function)로 변환하여 얻어진 곡선에서 흡수에너지 값이 100J에 해당하는 온도로 정의될 수 있다. 따라서, 본 발명의 극후물 강판은 선박, 해양, 건축, 토목 분야에서 사용되는 구조물의 소재로 특히 적합한 물성을 구비할 수 있다.

[0081] 본 발명의 일 측면에 따른 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판의 두께는 80mm 이상일 수 있다. 본 발명은 극후물 강판의 두께 상한을 특별히 한정하지는 않으나, 바람직한 강판 두께의 상한은 200mm일 수 있다.

[0083] 이하, 본 발명의 극후물 강판을 제조하는 방법에 대해 보다 자세히 설명한다. 아래의 제조방법은 본 발명의 극후물 강판을 제조하는 바람직한 일 예에 해당하며, 본 발명의 극후물 강판이 반드시 아래의 제조방법에 의해서만 제조되는 것은 아니다.

[0085] 본 발명의 일 측면에 따른 두께 중심부 인성이 우수한 극후물 강판은, 중량%로, 탄소(C): 0.02~0.06%, 실리콘(Si): 0.1~0.3%, 망간(Mn): 1.3~1.8%, 알루미늄(Al): 0.01~0.06%, 니오븀(Nb): 0.005~0.02%, 구리(Cu): 0.1~0.6%, 니켈(Ni): 0.2~1.2%, 티타늄(Ti): 0.005~0.02%, 인(P): 0.012% 이하, 황(S): 0.005% 이하, 질소(N): 0.002~0.006%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 두께 중심부 온도 기준으로 1150℃ 이상의 온도범위에서 1차 가열하고, 상기 1차 가열된 슬라브를 상기 슬라브의 두께 중심부 온도 기준으로 500℃ 이하의 온도범위로 중간 냉각하고, 상기 중간 냉각된 슬라브를 상기 슬라브의 두께 중심부 온도 기준으로 Ac3~1000℃의 온도범위로 2차 가열하고, 상기 2차 가열된 슬라브의 표면 온도 기준으로 Ar3~(Ar3+150℃)의 온도범위에서 상기 슬라브의 마무리 압연을 종료하여 극후물 강판을 제공하고, 상기 마무리 압연된 극후물 강판의 두께 중심부 온도를 기준으로 2℃/s 이상의 냉각속도로 Bf 이하의 온도범위까지 상기 극후물 강판을 최종 냉각하여 제조될 수 있다.

[0087] 강 슬라브 1차 가열, 중간 냉각 및 2차 가열

[0088] 극후물 강판에 있어서, 두께 중심부의 유효 결정립 크기는 두께 중심부의 충격인성 확보에 있어서 매우 중요한 요소이다. 일반적인 박물 강판의 경우 제어압연 및 가속냉각을 통해 두께 중심부 조직의 미세화가 가능하지만, 본 발명과 같이 80mm 이상의 두께를 가지는 극후물 강판의 경우, 두꺼운 강판 두께로 인하여 제어압연 및 가속냉각에 의하더라도 두께 중심부 조직을 충분히 미세화하는 데에는 기술적 한계가 있다. 또한, 강 슬라브 재가열 단계에서 오스테나이트의 입도를 작게 형성하는 경우 최종 강판의 두께 중심부 조직의 미세화가 가능하나, 오스테나이트 입도를 줄이기 위해 슬라브 재가열 온도를 낮추면 용체화 처리가 충분히 되지 않아 오히려 최종 강판의 두께 중심부 충격 인성이 저하되는 문제가 발생할 수 있다.

[0090] 따라서, 본 발명의 발명자는 강 슬라브에 대한 용체화 처리를 충분히 진행하면서도, 압연 전 강 슬라브의 두께 중심부 조직을 미세화하여 최종 강판의 두께 중심부 충격 인성을 확보하는 방안에 대한 심도 있는 연구를 진행하였으며, 아래와 같이 고온 재가열 및 저온 재가열로 구성되는 2단의 강 슬라브 재가열 조건 및 고온 재가열 및 저온 재가열 사이에 수행되는 냉각 공정을 통해 강 슬라브에 포함되는 합금조성을 충분히 용체화 처리하면서도 강 슬라브의 두께 중심부 조직을 충분히 미세화 할 수 있음을 알 수 있었다.

[0091]

- [0092] 이하, 본 발명의 강 슬라브 1차 가열, 중간 냉각 및 2차 가열 조건에 대해 보다 자세히 설명한다.
- [0094] 본 발명의 강 슬라브는 전술한 극후물 강판과 대응하는 합금조성으로 구비되므로, 본 발명의 강 슬라브 합금조성에 대한 설명은 전술한 극후물 강판의 합금조성에 대한 설명으로 대신한다.
- [0096] 전술한 조성으로 구비된 강 슬라브를 고온 조건에서 1차 재가열할 수 있다. 본 발명의 강 슬라브는 니오븀(Nb)을 포함하므로, 강 슬라브 내에 포함된 니오븀(Nb) 탄질화물의 충분한 용체화를 고려하여 1차 재가열 온도범위의 하한을 제한할 수 있다. 따라서, 본 발명의 1차 재가열은 강 슬라브의 두께 중심부 온도를 기준으로 1150℃ 이상의 온도범위에서 수행될 수 있다. 제강 공정에서 형성된 조대한 니오븀(Nb) 탄질화물이 충분히 용체화되는 경우, 후속되는 압연 및 냉각 공정에서 미세한 탄질화물을 형성하여 강판의 물성 향상에 효과적으로 기여하기 때문이다. 또한, 본 발명은 1차 재가열 온도범위의 상한을 특별히 제한하지는 않으나, 경제적 측면을 고려하여 강 슬라브의 두께 중심부 온도를 기준으로 1300℃ 이하로 제한할 수 있다.
- [0098] 본 발명은 1차 재가열 시간을 특별히 제한하지는 않으나, 1차 재가열은 강 슬라브에 포함되는 합금조성이 충분히 용체화 되는 시간 동안 진행될 수 있다. 강 슬라브에 포함되는 합금조성의 용체화 측면에서, 바람직한 1차 재가열 시간은 강 슬라브의 두께(mm) 당 1분 이상의 시간일 수 있다.
- [0100] 1차 재가열된 강 슬라브는 바로 압연에 제공되지 않고 중간 냉각되며, 1차 재가열에 의해 형성된 조대한 오스테나이트는 페라이트, 펄라이트, 베이나이트 등으로 변태될 수 있다. 중간 냉각은 공냉 또는 수냉이 적용될 수 있으며, 강 슬라브의 균일한 냉각 효과 확보를 위해 강 슬라브 중심부 온도를 기준으로 500℃ 이하의 온도범위까지 냉각될 수 있다.
- [0102] 본 발명에서 강 슬라브의 중심부 온도는 강 슬라브의 표면에서 실측된 온도, 소재의 열 전도도, 가열 또는 냉각 시간 등을 기초로 산출된 t/2 지점의 온도이다. 통상의 기술자는 특별한 기술적 어려움 없이 이와 같은 정보를 기초로 강 슬라브의 중심부 온도를 산출할 수 있다. 또한, 이하에서 언급되는 강판 중심부 온도 역시 이와 같은 방식을 통해 산출되는 t/2 지점의 온도이다.
- [0103]
- [0104] 중간 냉각된 강 슬라브는 다시 2차 재가열될 수 있다. 2차 재가열의 가열온도는 오스테나이트의 초기 입도를 결정하는 매우 중요한 요소이므로, 2차 재가열은 강 슬라브 두께 중심부 온도를 기준으로 Ac3~1000℃의 범위에서 실시될 수 있다. 여기서, Ac3는 아래의 식 1에 의해 산출될 수 있다.
- [0106] [식 1]
- [0107]
$$Ac3 = 910 - 203*[C]^{0.5} + 44.7*[Si] - 30*[Mn] - 20*[Cu] - 15.2*[Ni] - 11*[Cr] + 31.5*[Mo] + 700*[P] + 400*[Al] - 400*[Ti] + 104*[V] + 13.1*[W]$$
- [0108] (식 1에서 [C], [Si], [Mn], [Cu], [Ni], [Cr], [Mo], [P], [Al], [Ti], [V], [W]은 각 합금조성의 중량%를 의미하며, 해당 합금조성이 포함되지 않는 경우 그 값은 0을 의미한다.)
- [0109]
- [0110] 2차 재가열 온도가 Ac3 미만인 경우, 오스테나이트로의 역변태가 완료되지 않아 오스테나이트와 중간 냉각에 의해 형성된 미세조직이 혼재된 상태이며, 후속의 압연에 의하더라도 조직의 미세화가 충분히 이루어지지 않아 목적하는 두께 중심부 물성을 확보하기 어렵다. 1차 재가열 및 중간 냉각에 의해 형성된 조직은 고온에서의 가열 후 압연 과정이 생략되어 조대하게 형성되므로, 후속의 압연 공정에 의하더라도 조직의 미세화 효과를 충분히 달성할 수 없기 때문이다. 또한, 2차 재가열 온도가 1000℃를 초과하는 경우, 오스테나이트가 성장하면서 최종 미세조직에 베이나이트의 분율이 증가하게 되므로, 본 발명에서 목적하는 두께 중심부 충격인성을 확보하기 어

럽다.

[0112] 본 발명은 2차 재가열 시간을 특별히 한정하지 않으나, 바람직한 2차 재가열 시간은 강 슬라브의 두께(mm) 당 1분 이상의 시간일 수 있다.

[0113]

[0114] 조압연

[0115] 2차 재가열된 강 슬라브를 조압연하여 조압연 바를 제공할 수 있다. 조압연은 2차 재가열 직후 수행될 수 있으며, 강 슬라브 두께 중심부의 기공 압착 제거 측면에서 바람직한 조압연 압하량은 30% 이상일 수 있다.

[0117] 또한, 본 발명은 2차 재가열 직후 조압연을 수행하지 않고, 바로 마무리 압연을 수행하는 경우를 포함할 수 있다. 다만, 조압연을 수행하지 않고 마무리 압연을 수행하는 경우, 2차 재가열 후 강 슬라브가 마무리 압연 온도까지 도달하는데 걸리는 시간이 상대적으로 길어질 수 있는바, 조압연 후 마무리 압연을 수행하는 것이 생산성 측면에서 보다 바람직하다.

[0119] 마무리 압연

[0120] 조압연 후 조압연 바의 표면 온도를 기준으로 Ar3~(Ar3+150℃)의 온도범위에서 마무리 압연이 종료될 수 있다. 2차 재가열 후 바로 마무리 압연을 수행하는 경우, 강 슬라브의 표면 온도를 기준으로 Ar3~(Ar3+150℃)의 온도범위에서 마무리 압연이 종료될 수 있다. 여기서, Ar3는 아래의 식 2에 의해 산출될 수 있다.

[0122] [식 2]

[0123] $Ar3 = 910 - 310*[C] - 80*[Mn] - 20*[Cu] - 55*[Ni] - 15*[Cr] - 80*[Mo]$

[0124] (식 2에서 [C], [Mn], [Cu], [Ni], [Cr], [Mo]는 각 합금조성의 중량%를 의미하며, 해당 합금조성이 포함되지 않는 경우 그 값은 0을 의미한다.)

[0126] 마무리 압연 종료 온도가 Ar3 미만인 경우, 마무리 압연 중 오스테나이트의 일부가 페라이트로 변태되고 이로 인해 변형된 페라이트가 최종 미세조직에 남게 되어 충격인성이 크게 저하될 수 있다. 반면, 마무리 압연 종료 온도가 (Ar3+150 ℃)를 초과하는 경우, 압연에 의한 오스테나이트의 미세화가 충분히 이루어지지 못하므로 목적하는 두께 중심부 충격 인성을 확보하기 어렵다.

[0128] 마무리 압연 시 누적 압하율은 40% 이상이 바람직하다. 누적 압하율이 40% 미만인 경우, 오스테나이트 결정립 미세화 효과가 불충분하므로, 목적하는 두께 중심부 충격 인성을 확보하기 어렵다.

[0130] 최종 냉각

[0131] 마무리 압연된 극후물 강관에 대해 최종 냉각을 수행할 수 있다. 최종 냉각의 냉각 방식은 특별히 제한되지 않으나, 냉각 효율 측면에서 수냉이 바람직할 수 있다. 냉각 속도가 일정 수준 미만인 경우, 목적하는 강도를 확보할 수 없으므로, 본 발명의 최종 냉각은 강관 중심부 온도를 기준으로 2℃/s 이상의 냉각속도로 수행될 수 있다. 냉각 종료온도가 일정 범위를 초과하는 경우, 강관의 두께 방향 미세조직이 불균일하게 형성되어 충격인성의 편차가 발생하며, 그에 따라 목적하는 두께 중심부 인성을 확보가 어렵다. 또한, 냉각 종료온도가 일정 범위를 초과하는 경우, 최종 강관의 강도 확보가 어려우므로, 본 발명은 최종 냉각은 강관 중심부 온도를 기준으로 Bf 이하의 온도범위까지 수행될 수 있다. 여기서, Bf는 아래의 식 3에 의해 산출될 수 있다.

[0133] [식 3]

[0134] $Bf = 710 - 270*[C] - 90*[Mn] - 37*[Ni] - 70*[Cr] - 83*[Mo]$

[0135] (식 3에서 [C], [Mn], [Ni], [Cr], [Mo]는 각 합금조성의 중량%를 의미하며, 해당 합금조성이 포함되지 않는 경우 그 값은 0을 의미한다.)

[0137] 본 발명의 제조방법에 의해 제조된 극후물 강관은 95면적% 이상의 페라이트, 4면적% 이하의 펄라이트 및 1면적% 이하의 베이나이트를 포함할 수 있으며, t/2 지점에서 측정된 유효 결정립의 평균 크기 3 μ m 이하일 수 있다.

[0139] 또한, 본 발명의 제조방법에 의해 제조된 극후물 강관은, 두께가 80mm 이상이고, 인장강도가 520MPa 이상이며, t/2 지점에서의 충격인성이 T100J 천이온도 기준으로 -100 $^{\circ}$ C 이하이므로, 선박, 해양, 건축, 토목 분야에서 사용되는 구조물의 소재로 특히 적합한 물성을 구비할 수 있다.

[0141] 이하, 실시예를 통해 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다. 다만, 아래의 실시예는 본 발명을 예시하여 구체화하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 권리범위를 제한하기 위한 것이 아니라는 점에 유의할 필요가 있다.

[0143] (실시예)

[0144] 표 1의 조성으로 용강을 제조하고, 연속주조를 통해 두께 300mm의 강 슬라브를 제조하였다. 표 2에는 표 1의 조성을 기초로 산출한 Ac3, Ar3 및 Bf 온도를 기재하였다.

표 1

[0146]

강종	합금 조성(wt%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Al	Ti	Nb	N
A	0.06	0.28	1.78	0.007	0.004	0.14	0.26	0.04	0.015	0.012	0.002
B	0.05	0.26	1.61	0.008	0.003	0.36	0.56	0.02	0.007	0.008	0.003
C	0.04	0.14	1.37	0.006	0.003	0.54	1.14	0.01	0.012	0.017	0.003
D	0.03	0.19	1.58	0.004	0.002	0.32	0.98	0.02	0.01	0.015	0.004
E	0.09	0.29	1.55	0.005	0.002	0.16	0.34	0.03	0.013	0.013	0.005
F	0.06	0.51	1.53	0.003	0.003	0.36	0.76	0.03	0.011	0.018	0.003
G	0.06	0.21	1.98	0.006	0.003	0.25	0.45	0.02	0.012	0.017	0.004

표 2

[0148]

강종	온도($^{\circ}$ C)		
	Ac3	Ar3	Bf
A	828	732	524
B	823	728	531
C	810	715	534
D	821	714	523
E	817	736	534
F	828	720	528
G	806	703	499

[0150] 표 3의 제조조건에 따라 두께 80mm 또는 100mm의 극후물 강관 시편을 제작하였다. 표 3에서 1차 가열 온도 및 2

차 가열 온도는 강 슬라브의 두께 중심부 온도를 의미한다. 1차 가열 후 모든 시편에 대해 강 슬라브의 두께 중심부 온도 기준으로 500℃ 이하의 온도범위까지 중간 냉각을 실시하였다. 표 3에서 마무리 압연 종료 온도는 강 슬라브의 표면 온도를 의미하며, 최종 냉각 속도 및 최종 냉각 종료 온도는 모두 시편 두께 중심부 온도를 기준으로 한다.

표 3

[0152]

시편 No.	강종	강판 두께 (mm)	1차 가열 온도 (℃)	2차 가열 온도 (℃)	마무리 압연 종료 온도 (℃)	마무리 압연 누적 압하율 (%)	최종 냉각 속도 (℃/s)	최종 냉각 종료 온도 (℃)
1	A	80	1203	869	812	59	4.1	451
2	B	80	1189	934	834	56	3.8	502
3	C	80	1232	878	786	54	3.5	489
4	D	80	1192	978	793	45	3.9	435
5	A	100	1243	891	788	51	3.1	345
6	B	100	1212	867	818	41	2.9	321
7	C	100	1165	919	809	36	2.4	386
8	D	100	1179	845	765	42	3.8	355
9	A	80	-	894	822	27	3.9	454
10	B	80	1254	1056	790	44	3.3	509
11	C	100	1189	959	889	43	2.8	466
12	D	100	1232	1121	813	47	1.3	410
13	E	80	1209	880	832	51	4.5	506
14	F	80	1181	917	789	49	4.9	558
15	G	80	1232	924	808	54	3.8	398
16	C	100	972	946	803	49	2.9	449
17	D	100	1188	782	769	45	2.3	487

[0154]

각각의 시편에 대해 t/2부(여기서, t는 시편 두께(mm)를 의미함)에서 인장 시험편 및 충격 시험편을 채취하여 물성을 평가하였다. 인장 시험편은 JIS 10호 환형시험편이었으며, 충격 시험편은 샤르피 V 노치를 가지는 표준 시험편이었다. 인장 시험편 및 충격 시험편 모두 압연방향에 수직인 방향이 시험편의 길이가 되도록 가공하여 물성을 평가하였다. 인장시험은 상온에서 실시하였으며, 충격시험은 T100J 천이온도를 얻기 위해 다양한 온도범위에서 실시하였다. 각 시험편의 미세조직은 광학현미경 및 주사전자현미경을 이용하여 관찰 및 평가하였으며, 각 조직의 분율은 면적을 기준으로 한다. 유효 결정립의 평균 크기는 전자후방산란패턴(Electro Back Scattered Pattern, EBSP)법으로 측정 시 결정 방위차가 15° 이상인 대각 입계로 정의되는 결정립들의 원 상당 지름을 측정한 평균값을 의미하며, T100J 천이온도는 복수의 온도 조건에서 샤르피 충격시험을 실시한 후 얻어진 흡수 에너지 값들을 시그모이드 함수(sigmoid function)로 변환하여 얻어진 곡선에서 흡수에너지 값이 100J에 해당하는 온도를 의미한다.

[0155]

표 4

[0156]

시편 No.	강종	페라이트 분율 (%)	펠라이트 분율 (%)	베이나이트 분율 (%)	평균 유효 결정립 크기 (μm)	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	T100J 천이온도 (℃)
1	A	95	4	1	2.7	398	537	-113
2	B	97	3	0	2.8	387	541	-104
3	C	99	1	0	2.1	412	528	-121
4	D	100	1	0	2.2	426	526	-128
5	A	95	4	1	2.4	388	543	-115
6	B	98	2	0	2.6	394	537	-121
7	C	99	1	0	2.7	409	529	-104

8	D	100	1	0	2.5	422	531	-117
9	A	85	1	14	3.2	389	525	-86
10	B	51	0	49	4.1	367	544	-78
11	C	72	2	26	3.8	394	532	-82
12	D	45	2	53	4.6	375	513	-65
13	E	80	7	13	2.8	385	529	-77
14	F	88	5	7	2.9	411	541	-92
15	G	91	1	8	2.7	421	552	-88
16	C	93	2	5	2.4	451	535	-75
17	D	85	3	12	2.9	439	546	-62

- [0158] 시편 1 내지 8은 본 발명의 합금 조성, 제조 조건을 모두 만족하므로, 본 발명의 목적하는 미세조직을 구비하며, 520MPa 이상의 인장강도 및 -100℃ 이하의 T100J 천이온도를 모두 만족하는 것을 확인할 수 있다.
- [0160] 시편 9는 제1 재가열 공정을 거치지 않고 바로 제2 재가열 공정을 실시한 경우로, 강 슬라브의 용체화가 충분히 이루어지지 않아 두께 중심부 충격인성이 열위한 것을 확인할 수 있다.
- [0162] 시편 10 및 12는 2차 재가열 온도가 1000℃를 초과하는 경우로, 미세조직 중 베이나이트가 다량 형성되어 두께 중심부 충격인성이 열위한 것을 확인할 수 있다. 아울러, 시편 12는 최종 냉각속도가 2℃/s 미만으로 강판의 인장강도가 열위한 것을 확인할 수 있다.
- [0164] 시편 11은 마무리 압연 종료 온도가 본 발명의 범위를 초과하는 경우로, 미세조직 중 베이나이트가 다량 형성되고, 평균 유효 결정립이 조대하게 형성되어, 두께 중심부 충격인성이 열위한 것을 확인할 수 있다.
- [0166] 시편 13은 탄소(C) 함량이 본 발명의 범위를 벗어난 경우로, 미세조직 중 펄라이트와 베이나이트의 비율이 높아 두께 중심부 충격인성이 열위한 것을 확인할 수 있다.
- [0168] 시편 14는 실리콘(Si) 함량이 본 발명의 범위를 벗어난 경우로, 강도는 우수하나, 두께 중심부 충격인성이 열위한 것을 확인할 수 있다.
- [0170] 시편 15는 망간(Mn) 함량이 본 발명의 범위를 벗어난 경우로, 강도는 우수하나, 두께 중심부 충격인성이 열위한 것을 확인할 수 있다.
- [0172] 시편 16 및 17은 각각 1차 재가열 온도 및 2차 재가열 온도가 본 발명의 범위에 미치지 못하는 경우로, 강도는 우수하나, 두께 중심부 충격인성이 열위한 것을 확인할 수 있다.
- [0174] 도 1은 시편 1의 두께 1/2 지점의 미세조직을 관찰한 광학사진이며, 도 2는 시편 10의 두께 1/2 지점을 미세조직을 관찰한 광학사진이다. 도 1 및 도 2에 나타난 바와 같이, 시편 1은 시편 10에 비해 미세한 중심부 조직이 효과적으로 미세화되었음을 확인할 수 있다.
- [0176] 따라서, 본 발명의 일 측면에 따른 극후물 강판은 선박, 해양, 건축, 토목 분야에서 사용되는 구조물의 소재로 특히 적합한 물성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0178] 이상에서 실시예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 이와 다른 형태의 실시예들도 가능하다. 그러므로, 이하에 기재된 청구항들의 기술적 사상과 범위는 실시예들에 한정되지 않는다.

도면

도면1



도면2

