



등록특허 10-2229530



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월18일
(11) 등록번호 10-2229530
(24) 등록일자 2021년03월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/38 (2006.01) *C21D 8/02* (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 38/06* (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01) *C22C 38/14* (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01) *C22C 38/24* (2006.01)
C22C 38/26 (2006.01) *C22C 38/28* (2006.01)
C22C 38/32 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C22C 38/38 (2013.01)
C21D 8/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7022770
- (22) 출원일자(국제) 2013년12월24일
심사청구일자 2018년12월10일
- (85) 번역문제출일자 2015년08월21일
- (65) 공개번호 10-2015-0109461
- (43) 공개일자 2015년10월01일
- (86) 국제출원번호 PCT/CN2013/090268
- (87) 국제공개번호 WO 2014/114158
국제공개일자 2014년07월31일
- (30) 우선권주장
201310022008.3 2013년01월22일 중국(CN)

(56) 선행기술조사문헌

CN102618793 A*

KR1020010022330 A*

WO2012133540 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 9 항

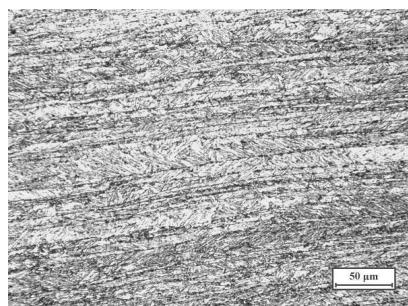
심사관 : 이상훈

(54) 발명의 명칭 고강도 강판 및 그의 제조방법

(57) 요 약

본 발명은 화학원소 질량 백분비 함량이 C : 0.070 내지 0.115%, Si : 0.20 내지 0.50%, Mn : 1.80 내지 2.30%, Cr : 0 내지 0.35%, Mo : 0.10 내지 0.40%, Nb : 0.03 내지 0.06%, V : 0.03 내지 0.06%, Ti : 0.002 내지 0.04%, Al : 0.01 내지 0.08%, B : 0.0006 내지 0.0020%, N ≤ 0.0060%, O ≤ 0.0040%, Ca : 0 내지 0.0045%이고, 잔

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1

부가 Fe 및 기타 불순물인 고강도 강판을 공개하였다. 또한 상기 고강도강판의 제조방법을 공개하였다.

(52) CPC특허분류

C22C 38/002 (2013.01)

C22C 38/06 (2013.01)

C22C 38/12 (2013.01)

C22C 38/14 (2013.01)

C22C 38/22 (2013.01)

C22C 38/24 (2013.01)

C22C 38/26 (2013.01)

C22C 38/28 (2013.01)

C22C 38/32 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

고강도 강판으로, 질량 백분율로 다음의 화학원소로 이루어지며:

C : 0.070 내지 0.115%,

Si : 0.20 내지 0.50%,

Mn : 1.80 내지 2.30%,

Cr : 0%,

Mo : 0.10 내지 0.40%,

Nb : 0.03 내지 0.06%,

V : 0.03 내지 0.06%,

Ti : 0.002 내지 0.04%,

Al : 0.01 내지 0.08%,

B : 0.0006 내지 0.0020%,

N≤0.0060%,

O≤0.0040%,

Ca : 0 내지 0.0045%, 및

잔부가 Fe 및 기타 불순물,

여기서 강판의 미세조직이 베이나이트 라스 및 마르텐사이트이며, 강판은 항복강도 >1010MPa, 인장강도 >1100MPa, 연신율 ≥12%, 충격에너지 Akv (-40°C) >80J을 가지는 것을 특징으로 하는 고강도 강판.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

탄소당량이 CEV≤0.56%인 것을 특징으로 하는 고강도 강판.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

용접균열 감수성지수 Pcm≤0.27%인 것을 특징으로 하는 고강도 강판.

청구항 4

제련, 주조하여 슬래브 형성, 가열, 압연, 냉각 및 탬퍼링 단계를 차례로 포함하는 것을 특징으로 하는 제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항의 고강도 강판의 제조방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 슬래브를 1040 내지 1250°C로 가열하는 것을 특징으로 하는 고강도 강판의 제조방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 압연 단계는 두개 단계로 나뉘며, 그중, 제1 단계에 있어서, 압연 시작온도가 1010 내지 1240°C이며, 제1 단계에서는 여러차례 압연을 진행하며, 매차례 변형률의 범위는 8 내지 30%이며, 제2단계에서 있어서, 압연 시작온도가 750 내지 870°C이며, 압연 마감온도가 740 내지 850°C이며, 제2단계에서 여러차례 압연을 진행하며, 매차례 변형률의 범위는 5 내지 30%인 것을 특징으로 하는 고강도 강판의 제조방법.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 냉각 단계에 있어서, 압연 후, 강판을 15 내지 50°C/s의 속도로 ≤450°C로 수냉각 시킨 후, 공기냉각으로 실온까지 냉각시키는 것을 특징으로 하는 고강도 강판의 제조방법.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 탬퍼링 단계에 있어서, 탬퍼링 온도가 450 내지 650°C인 것을 특징으로 하는 고강도 강판의 제조방법.

청구항 9

제 4 항에 있어서,

탬퍼링 후 공기 냉각을 진행하는 것을 특징으로 하는 고강도 강판의 제조방법.

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 야금분야에 관한 것이며, 특히는 강판 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 고 강인성(hight-obdurability) 강판은 일반적으로 공정기계, 광산기계 및 항구기계의 구조품의 제조에 광범위하게 사용된다. 사회 생산력의 제고는 기계설비의 효율을 제고시키고, 에너지소모를 감소시키며, 사용수명을 연장시킬 것을 요구하고 있다. 기계구조품용 강판에 있어서, 고강도인성화 특성은 기계설비를 강화시키고 무게를 감소시키는 관건적 수단이다. 고강도 기계구조용 강판에 있어서, 각종 요소가 강도에 대한 공헌은 하기 식으로 표시할 수 있다.

$$\sigma = \sigma_f + \sigma_p + \sigma_{sl} + \sigma_d ,$$

[0003] 식 중, σ_f 는 결정립 미세화 강화(grain refinement strengthening)를 나타내며, σ_p 는 석출강화(precipitation strengthening)를 나타내며, σ_{sl} 는 고용체 강화(solid solution strengthening)를 나타내며,

σ_d 는 전위강화(dislocation strengthening)를 나타낸다. 결정립 미세화 강화는 일반적으로 페라이트(ferrite) 결정립을 미세화시켜 강도를 제고시키는 것을 가리키며, 최근에는, 베이나이트(bainite)의 서브-라멜라(sub-lamellae) 라멜라 크기를 미세화시키는 것도 결정립 강화의 수단으로 되고 있다. 석출강화는 적당한 열처리 공정을 통해, 강한 탄소화물의 형성원소인 Cr, Mo 및 V 가 C 또는 N와 함께 미세한 분산된 탄소질소화물을 형성하여 석출시키며, 전위와 결정립계의 운동을 저해시켜 강판의 강도를 높이는 것을 가리킨다. 고용체강화에는 두 가지 상황이 포함된다. 하나는 합금원소, 예하면 Si, Mn 및 Ni 등 치환원자를 FCC구조 중에 고용시켜 Fe원자를 대체하여, 전위운동을 저해시켜 강도를 높이는 것이며, 다른 하나는, C, N 등 간질원소(interstitial atoms)를 결정체 격자(lattice)의 사면체 또는 팔면체의 사이에 고용시켜, 격자상수(lattice constant)을 개변시켜 고용강

화를 실현하는 것이다. 그중, 간질원소의 고용강화 효과가 원자치환 고용강화에 비해 효과가 현저하나, 저온 충격에너지(impact energy)의 저하를 초래한다. 전위강화에 있어서, 결정립 중에 대량의 전위를 도입시켜, 전위개시 에너지와 운동 중 소모하는 에너지를 제고시켜 강도를 높이게 된다. 우수한 종합성 기계성능과 사용성능을 가진 고강도 강판을 얻기 위하여, 일반적으로, 상기 네가지 강화수단의 복합작용을 이용하여, 강판의 강도를 제고시키며, 강판의 저온 충격을 확보하는 동시에 강판의 용접성도 확보하게 된다.

[0005] 고강도인성 강판은 일반적으로 조건화(담금질+템퍼링) 및 TMCP (Thermal-mechanical Controlling Process, 열기계제어공정)를 결합한 공정생산을 이용한다. 담금질+템퍼링 공정생산을 이용한 항복강도가 890MPa 및 그 이상레벨의 강판은, 템퍼링 마르텐사이트(martensite) 또는 템퍼링 소르바이트(sorbite) 조직을 얻는 것을 통해, 강판 중 탄소함량이 일반적으로 비교적 높게 되며 ($\geq 0.14\%$), 또한 탄소 당량CEV 및 용접 균열 감수성 지수Pcm값도 상대적으로 비교적 높게 된다. TMCP기술은 특정한 화학성분과 결합시켜, 지정된 온도범위내에서 변형을 초래하며, 지정된 두께로 압연시킨 후, 냉각속도와 최종 냉각온도를 제어하는 것을 통해, 특정한 온도범위내에서 상 변이를 일으켜, 뛰어난 성능을 가진 조직을 얻게 한다. 또한, TMCP기술을 이용하는 동시에 최적화한 합금성분을 결합시켜, 결정립 미세화 및 전위 강화 등 강화효과를 종합적으로 이용하여, 강도와 인성이 상호매치되고 비교적 낮은 탄소 당량을 가진 강판을 얻을 수 있다.

[0006] 용접성은 기계구조용 강에 있어서 중요한 사용성능의 하나이다. 용접성을 제고시키는 수단은, 강판 합금성분의 탄소당량 CEV 및 용접 균열 감수성지수Pcm값을 낮추는 것이다. 강판의 탄소당량은 하기 식에 따라 계산한다.

$$\text{CEV} = \text{C} + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + (\text{Ni} + \text{Cu})/15 \quad (1)$$

[0008], 강판의 용접 균열 감수성 지수Pcm값은 하기 식에 따라 확정한다.

$$\text{Pcm} = \text{C} + \text{Si}/30 + \text{Ni}/60 + (\text{Mn} + \text{Cr} + \text{Cu})/20 + \text{Mo}/15 + \text{V}/10 + 5\text{B} \quad (2)$$

[0010] 중화인민공화국 흑색야금항업기준YB/T 4137-2005의 규정에 따르면, 항복강도가 800MPa이며, 코드번호가 Q800CF인 강종의, Pcm값은 0.28%미만이여야 한다. 유럽기준10025-6:2004 및 중국 국가기준GB/T16270 : 2009의 규정에 따르면, 항복강도가 890MPa인 강판의 탄소당량 CEV는 $\leq 0.72\%$ 로 한정해야 한다.

[0011] 강판의 탄소당량 및 용접 균열 감수성 지수가 비교적 높을 경우, 비교적 많은 합금원소를 첨가할 수 있으며, 우수한 기계적 성능을 가진 강판을 쉽게 얻을 수 있으나, 강판의 용접성의 저하를 일으키며, 용접시 고온 균열이 쉽게 일어날뿐만 아니라, 용접 후 방치과정에서 저온 균열도 쉽게 일어나게 된다. 기업에서는 비교적 적은 합금원소 함량을 취하여, 기계구조용 강판이 비교적 낮은 탄소 당량과 용접 균열 감수성 지수를 구비하게 하는 동시에 비교적 높은 역학적 성능을 구비할 것을 희망하고 있다.

[0012] 국제 공개번호가 WO1999005335이고, 공개일이 1999년 2월 4일이며, 발명명칭이 "일종의 우수한 용접성을 가진 초고강도 저온 인성 강재"인 특허문헌은 TMPC공정에 따라 두단계 온도를 통해 생산한 일종의 저합금 고강도 강을 공개하였으며, 상기 강은 930MPa의 인장강도를 가지고 있으며, -20°C충격에너지가 120J이며, 그의 화학적 성분 (wt.%) 은 C : 0.05 내지 0.10%, Mn : 1.7 내지 2.1%, Ni : 0.2 내지 1.0%, Mo : 0.25 내지 0.6%, Nb : 0.01 내지 0.10%, Ti : 0.005 내지 0.03%, P $\leq 0.015\%$, S $\leq 0.003\%$ 이다. 본 발명의 특허에 있어서, 합금원소Ni : 0.2 내지 1.0%로 비교적 많은 함량으로 포함하나, 탄소당량 및 용접 균열 감수성 지수를 규제하지 않았다.

[0013] 공개번호가 CN101906594A이며, 공개일이 2010년 12월 8일이며, 발명명칭이 "일종의 900MPa급 항복강도 조질형 강판 및 그의 제조방법"인 중국 특허문헌은 일종의 고향복강도의 조질형 강판 및 그의 제조방법에 관한 것이며, 그의 화학적 성분 (wt.%) 은 : C : 0.15 내지 0.25%, Si : 0.15 내지 0.35%, Mn : 0.75 내지 1.60%, P : $\leq 0.020\%$, S : $\leq 0.020\%$, Ni : 0.08 내지 0.30%, Cu : 0.20 내지 0.60%, Cr : 0.30 내지 1.00%, Mo : 0.10 내지 0.30%, Als : 0.015 내지 0.045%, B : 0.001 내지 0.003%이며, 잔부는 Fe 및 불가피한 불순물이다. 얻은 강판은 -40°C Akv $\geq 21\text{J}$ (세로방향)인 동시에 탄소당량은 0.60%미만이다. 본 발명의 특허에 있어서, Ni, Cu 등 귀금속 원소를 함유한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명의 목적은 고강도 강판을 제공하는 것이며, 상기 고강도 강판은 고강도, 장인성(obdurability)을 가지고 있으며, 용접성이 우수하여, 기계설비 분야에서 강판에 대한 고강도 저인성 및 뛰어난 용접성의 2중 요구를 동시에 만족시킬 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기 본 발명의 목적을 달성하기 위해, 본 발명에서는 고강도 강판을 제공하며, 화학원소 질량 백분비 함량은 하기와 같다.
- [0016] C : 0.070 내지 0.115%,
- [0017] Si : 0.20 내지 0.50%,
- [0018] Mn : 1.80 내지 2.30%,
- [0019] Cr : 0 내지 0.35%,
- [0020] Mo : 0.10 내지 0.40%,
- [0021] Nb : 0.03 내지 0.06%,
- [0022] V : 0.03 내지 0.06%,
- [0023] Ti : 0.002 내지 0.04%,
- [0024] Al : 0.01 내지 0.08%,
- [0025] B : 0.0006 내지 0.0020%,
- [0026] N ≤ 0.0060%,
- [0027] O ≤ 0.0040%,
- [0028] Ca : 0 내지 0.0045%,
- [0029] 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물이다.
- [0030] 본 발명의 상기 고강도 강판의 미세조직은 초미세 베이나이트 라스(lath) 및 마르텐사이트이다.
- [0031] 본 발명의 상기 고강도 강판에 있어서, 탄소당량은 $CEV \leq 0.56\%$ 이며, 그중 탄소당량 $CEV = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15$ 이다.
- [0032] 용접성은 기계구조용 강의 중요한 사용성능의 하나이며, 용접성을 제고시키는 수단에는 강판합금성분의 탄소당량 CEV 을 감소시키는 방법이 포함된다. 강판의 우수한 용접성능을 위해, 될수 있는한 합금성분의 탄소당량 CEV 를 감소시켜야 한다.
- [0033] 그외, 용접균열 감수성 지수 P_{cm} 값을 비교적 낮은 범위로 제어하며, 또한 상응하게 강판의 용접성을 제고시킬 수도 있다. 그중, $P_{cm} = C + Si / 30 + (Mn + Cr + Cu) / 20 + Ni / 60 + Mo / 15 + V / 10 + 5B$ 이다. 따라서, 진일보, 본 기술방안에 있어서, 용접균열 감수성 지수 $P_{cm} \leq 0.27\%$ 이다.
- [0034] 본 발명의 상기 고강도 강판에 있어서, 각 화학원소의 설계원리는 다음과 같다.
- [0035] C : 강에 합금원소를 첨가하면, 강판의 강도를 제고시킬 수 있으나, 탄소 당량 및 용접 균열 감수성지수를 높여, 강판의 용접성을 악화시킬 수 있다. 탄소함량이 비교적 낮을 경우, 강판이 TMCP공정에서 강도가 비교적 낮은 폐라이트 조직을 형성할 수 있으며, 강판의 항복강도 및 인장강도를 낮추게 된다. 강판의 강 인성의 요구와 결합하여 종합적으로 고려하면, 본 발명의 탄소함량을 0.070 내지 0.115%로 제어해야 한다.
- [0036] Si : Si는 강중에서 탄소화물을 형성하지 않으며, 고용체 형식으로 Fcc 또는 Bcc 결정체 격자 중에 존재하며, 고용체 강화를 통해 강판의 강도를 제고시킨다. Si가 시멘타이트(cementite)중에서의 용해도가 아주 작아, Si 함량이 일정한 정도까지 증가되면, 잔여 오스테나이트 및 마르텐사이트의 혼합조직이 형성된다. 동시에, Si 함량의 증가는 강판의 용접균열 감수성지수를 제고시킬 뿐만아니라, 강판의 고온 균열 경향을 증가시킨다. 고용체 강화 및 용접성에 대한 영향을 종합적으로 고려하여, 본 발명의 Si의 함량을 0.20 내지 0.50%로 제어한다.
- [0037] Mn : Mn은 탄소화물 형성에 약한 원소이며, 일반적으로 고용체 형식으로 강판중에 존재한다. TMCP공정에 따른 강판에 있어서, Mn은 주로 확산성을 억제하여 인터페이스(interface)의 운동을 제어하며, 폐라이트 또는 베이나이트 라스를 미세화시켜, 결정립 미세화 강화 및 고용체 강화를 통해 강판의 역학적 성능을 제고시킨다. Mn함량이 너무 높으면, 강판 슬래브에 균열이 일어나는 경향을 증가시키며, 슬래브에 균열이 쉽게 생기게 된다. 강판에 미세화한 베이나이트 조직을 형성시켜 우수한 강 인성을 얻기 위해, 본 발명에서 첨가하는 Mn을 1.80 내지

2.30%로 설계한다.

[0038] Cr : Cr은 강판의 담금질성을 제고시키며, 강판에 경도와 강도가 비교적 높은 조직이 형성되게 한다. Cr함량의 증가는 항복강도 690MPa급 이상인 강판의 강도에 대한 영향이 현저하지 않다. 그러나, Cr함량이 너무 높으면, 강판의 탄소당량을 증가시키게 된다. 따라서, 본 발명에서 Cr함량을 0.35%미만으로 제어한다.

[0039] Mo : Mo는 탄소화물 형성에 강한 원소이며, C와 함께 MC형 탄소화물을 형성할 수 있다. TMCP공정과정에 있어서, Mo의 주요한 작용은 상변이의 확산을 억제하며, 베이나이트 조직을 미세화하는 것이다. 템퍼링과정에 있어서, Mo은 C와 함께 미세한 탄소화물을 형성하여 석출 강화효과를 일으키며, 강판의 템퍼링 안정성을 제고시키며, 템퍼링 플랫폼(tempering platform)을 확장시킨다. 그러나, Mo함량이 너무 높으면 강판의 원가가 올라가, 시장경쟁력을 떨어뜨리는 동시에 탄소당량의 증가로 인해 강판의 용접성 저하를 초래한다. 따라서, 본 발명에서 Mo함량을 0.10 내지 0.40%로 제어한다.

[0040] Nb : Nb는 TMCP공정의 강중에 있어서 주로 하기 작용을 한다. 가열로를 가열하여 오스테나이트화 한 후, 오스테나이트 중에 고용체화 된 Nb는 재결정 결정립계 운동을 억제하는 작용을 하여, 재결정 온도를 제고시켜, 강판을 비교적 낮은 온도에서 입연할 경우에 대량의 전위를 누적하여, 최종 결정립 미세화 목적을 실현하게 된다. 템퍼링 과정에 있어서, Nb원소는 C 및 N와 결합하여 MC형 탄소질소화물을 형성한다. 그러나, Nb함량이 너무 높으면, 강중에 조대한 탄소질소화물을 형성하여 강판의 역학적 성능에 영향주게 된다. 따라서, 강판의 미세조직과 역학적 성능을 제어하기 위해, 본 발명에서는 Nb의 첨가량을 0.03 내지 0.06%로 제어한다.

[0041] V:V와 강중의 C 및 N와 함께 MC형 탄소화물을 형성하게 되며, 템퍼링과정에서 강판의 항복강도를 제고시킬 수 있다. V함량의 증가에 따라, 강판 용접시 용접 열 영향 영역에 조대한 탄소화물을 형성할 수 있으며, 열영향 영역의 저온 충격인성(impact toughness)을 저하시키게 된다. 따라서, 본발명에서 첨가한 V의 함량은 0.03 내지 0.06%이며, 템퍼링 후 강판의 비교적 높은 항복강도를 확보한다.

[0042] Ti : Ti는 부동한 온도하에서 N, O 및 C와 결합하여 화합물을 형성한다. 강중에 형성된 TiN는 오스테나이트 결정립을 미세화시킬 수 있다. 오스테나이트중에 잔류한 Ti는 C와 함께 TiC를 형성하며, 미세화한 TiC는 강판의 저온 충격인성(impact toughness)에 유리하다. 그러나, Ti함량이 너무 높으면, 조대한 사각형TiN을 형성할 수 있으며, 미세한 균열의 기점이 되어, 강판의 저온 충격인성 및 피로특성(fatigue property)를 저하시키게 된다. 강중에서의 Ti원소의 작용을 종합적으로 고려하여, 본 발명에 있어서, Ti함량을 0.002 내지 0.04%로 제어한다.

[0043] Al : Al는 탈산소제로 강중에 첨가하며, Al는 용강중에서 O및 N와 결합되어, 산화물 및 질소화물을 형성하게 된다. 용강의 응고과정에서, Al의 산화물과 질소화물은 결정립계의 운동을 억제시켜, 오스테나이트 결정립을 미세화시키는 작용을 실현하게 된다. Al의 함량이 너무 높을 경우, 강판에서 조대한 산화물 또는 질소화물을 형성하여, 강판의 저온 충격인성을 저하시킨다. 결정립 미세화를 달성하기 위해, 강판의 인성을 제고시키는 동시에 용접성을 확보하는 것을 목적으로, 본 발명에 있어서, Al의 함량은 0.01 내지 0.08%로 설계한다.

[0044] B : B는 간질 원자로써 강속에 고용체화 되어, 결정립계의 에너지를 감소시키며, 새로운 상이 결정립계에서 쉽게 핵을 형성하지 못하게 하여, 강판이 냉각과정에서 저온 조직을 형성하게 되며, 강판의 강도를 제고시킨다. 그러나, B의 함량의 증가는 결정립계의 에너지의 현저한 감소를 초래하며, 이로써 강판의 균열 경향을 증가시키는 동시에 용접 균열 감수성지수Pcm를 제고시킨다. 따라서, 본 발명에 있어서, B의 첨가량은 0.0006 내지 0.0020%이다.

[0045] N : 강중의 합금원소인 Nb, Ti 및 V등은 강중의 N및 C와 함께 질소화물 또는 탄소질소화물을 형성하게 된다. 오스테나이트를 가열하는 과정에서, 강판의 일부분의 질소화물이 용해되며, 용해되지 않은 질소화물은 오스테나이트의 결정립계 운동을 저해하여, 오스테나이트 결정립의 미세화 효과를 실현한다. N원소의 함량이 너무 높으면, Ti와 함께 조대한 TiN를 형성할 수 있으며, 강판의 역학적 성능을 악화시킬수 있다. 이는 N원자가 강중의 결함부분에서 부화(enrichment)되어 기공을 형성하여 느슨해지기 때문이다. 따라서, 본 발명에서 N함량을 0.0060%미만으로 제어한다.

[0046] O : 강중의 합금원소Al, Si 및 Ti는 O와 함께 산화물을 형성할 수 있다. 오스테나이트를 가열하는 과정에 있어서, 강판의 AI 산화물이 오스테나이트의 생성을 억제하며, 결정립을 미세화하는 작용을 한다. 그러나, O함량이 비교적 많은 강은 용접시 고온균열이 일어나는 경향을 가지고 있다. 따라서, 본 발명에서 O함량을 0.0040%미만으로 제어한다.

[0047] Ca : Ca를 강중에 첨가하면, S원소와 CaS를 형성하며, 황화물을 구상화(spheroidizing)하는 작용을 하며, 강판의

저온 충격인성을 제고시킨다. 본 발명에서 있어서, Ca함량을 0.0045%미만으로 제어한다.

[0048] 상용하게, 본 발명에서는 또한 고강도 강판의 제조방법을 제고하며, 하기 단계를 포함한다. 즉, 제련, 주조, 가열, 압연, 냉각 및 템퍼링.

[0049] 상기 고강도 강판의 제조방법에 있어서, 상기 가열단계에서, 슬래브를 1040 내지 1250°C로 가열한다.

[0050] 가열과정에 있어서, 강판은 오스테나이트화, 오스테나이트 결정립 성장 및 탄소질소화물의 용해 등 과정이 발생한다. 가열온도가 비교적 낮으면, 오스테나이트의 결정립이 비교적 미세하나, 탄소질소화물의 용해가 불충분하여, 합금원소 Nb, Mo등은 압연 및 냉각 과정에서 상응한 작용을 일으킬 수 없게 된다. 가열온도가 너무 높으면, 오스테나이트 결정립의 조대화를 일으키며, 탄소질소화물이 충분히 용해되어, 오히려 오스테나이트 결정립의 비정상적인 성장을 일으킬 수 있다. 가열과정에서 오스테나이트 결정립의 성장과 탄소질소화물의 용해과정을 종합적으로 고려하여, 본 발명에 있어서 슬래브를 1040 내지 1250°C로 가열한다.

[0051] 상기 고강도 강판의 제조방법에 있어서, 상기 압연 단계를 두개 단계로 나누어 압연한다. 그중, 제1 단계에 있어서, 압연 시작온도가 1010 내지 1240°C이며, 제1단계에서는 여러차례 압연을 진행하며, 매차례 변형률의 범위는 8 내지 30%이며, 제2단계에서 있어서, 압연 시작온도가 750 내지 870°C이며, 압연 마감온도가 740 내지 850°C이며, 제2단계에서 여러차례 압연을 진행하며, 매차례 변형률의 범위는 5 내지 30%이다.

[0052] 강판을 로에서 꺼낸 후, 제1단계압연을 진행하며, 강판을 제1단계에서 충분히 변형시키고, 오스테나이트 재결정이 일어나게 하며, 오스테나이트의 결정립을 미세화시키기 위해, 제1단계의 압연온도와 매차례 변형률은 본 발명의 제조방법의 요구에 부합되어야 한다. 제1단계 압연 후, 강재를 750 내지 870°C로 냉각시켜 제2단계 압연을 진행하며, 제2단계의 압연 중, 오스테나이트에 대량의 전위가 누적되어, 잇따른 냉각과정에서 미세화한 미세조직을 형성하여 강 인성을 제고시키는데 유리하게 된다.

[0053] 상기 고강도 강판의 제조방법에 있어서, 상기 냉각단계는, 압연 후의 강판을 15 내지 50°C/s의 냉각속도로 수냉각으로 ≤450°C까지 냉각시킨 후, 다시 실온까지 공기냉각시킨다.

[0054] 냉각 과정에 있어서, 강판은 두 차례 압연 후 대량의 전위를 누적하게 되며, 강판의 비교적 큰 과냉각(undercooling.)을 확보하기 위해, 압연 후의 강판은 반드시 비교적 빠른 속도로 냉각시켜야 한다. 본 발명에 있어서, 비교적 빠른 냉각속도와 비교적 낮은 냉각 정지온도를 취하여, 강판에 저온 상변이 미세조직인 초미세 베이나이트 라스와 마르텐사이트가 형성되게 하며, 이러한 미세조직은 우수한 강 인성을 구비한다. 따라서, 본 발명의 강판의 냉각 정지온도를 450°C이하로 설정해야 하며, 냉각속도와 방식은 15 내지 50°C/s의 수냉각이다.

[0055] 상기 고강도 강판의 제조방법에 있어서, 상기 템퍼링단계에서, 템퍼링 온도는 450 내지 650°C이다.

[0056] 템퍼링 과정에 있어서, 고강도 강판은 압연 및 냉각 후, 미세한 베이나이트와 마르텐사이트를 구비한 고강도 미세조직을 형성하였다. 템퍼링 온도가 너무 높으면, 템퍼링 연화(tempering softening)를 일으키며, 강판의 강도를 저하시키게 된다. 템퍼링 온도가 너무 낮으면, 강판 내부의 응력이 비교적 크게 되고, 미세하고 확산 된 석출물이 형성되지 않아, 강판의 저온 충격인성을 저하시킨다. 고강도 조직 내부에 비교적 큰 상변이 응력(phase transition stress)이 존재하며, 상기 상변이 응력을 제거하여 역학적 성능이 균질하고 안정적인 강판을 얻기 위해, 본 발명의 제조방법에 있어서, 템퍼링 온도를 450 내지 650°C사이로 제어한다.

[0057] 진일보로, 본 발명의 상기 고강도 강판의 제조방법에는 템퍼링 후 공기냉각 단계를 더 포함한다.

[0058] 본 기술방안에 있어서, 일부 화학원소의 성분 설계는 제조공정과 관련된 영향을 일으킨다. 그중, 합금원소Cr과 기타 원소의 최적화 배합비는 상기 압연 및 냉각공정 과정에 있어서, 강판의 강도를 확보할 뿐만아니라, 탄소당량이 너무 높아 강판의 용접성에 영향주는 것을 피면하였다. 또한, 본 발명의 특허에 있어서, 탄소함량이 비교적 낮은 동시에, 최적화한 Mn 및 Mo함량을 결합시켜, 비교적 낮은 온도에서 압연을 진행하며, 비교적 빠른 냉각 속도로 450°C이하로 냉각시켜, 미세화한 베이나이트와 마르텐사이트 미세조직을 얻을 수 있었으며, 강판의 강인성을 제고시켰다. 또한, 합금원소B를 적당히 제어하여, 강판이 비교적 넓은 냉각속도 범위내에서 고 강인성(high obdurability)의 역학적성능을 가진 미세조직을 얻을 수 있다.

[0059] 본 발명에서는 합리적인 성분 설계와 비교적 낮은 탄소당량을 취한 동시에, 최적화한 가열, 압연, 냉각 및 템퍼링 공정을 결합시켜, 현존기술에 비해, 본 발명의 고강도 강판은 하기 장점을 가지고 있다.

[0060] 1) 고강도 초미세 베이나이트 라스와 마르텐사이트의 미세조직을 구비하게 된다.

[0061] 2) 항복 강도가 890MPa보다 크거나 같다.

- [0062] 3) 뛰어난 용접성, 우수한 저온 인성, 양호한 연신율을 가지고 있다.
- [0063] 4) 비교적 적은 합금원소, 낮은 탄소당량 $CEV \leq 0.56\%$ 을 구비하며, 생산원가가 낮다.
- [0064] 5) 기계설비 분야의 고 강인성(high obdurability)의 요구를 만족시킨다.
- [0065] 동시에, 본 발명의 상기 고강도 강판의 제조방법에 있어서, 별도의 조질 열처리를 진행하지 않는 전제하에, 압연 제어 및 냉각 제어 기술을 이용한 동시에, 합리적인 성분설계와 개량된 제조단계를 결합시켜, 강판이 고강도의 미세조직 및 양호한 용접성을 구비하게 되었으며, 이로써 제조공정을 간편화 한 동시에 제조공정을 쉽게 실현할 수 있게 되었으며, 중등 정도 및 두꺼운 강판의 생산라인에 있어서의 안정적인 생산에 광범위하게 응용할 수 있다.

발명의 효과

- [0066] 본 발명의 내용 중에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

- [0067] 도1은 실시예4의 고강도 강판의 광학 현미경하에서의 미세조직을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0068] 구체적인 실시예와 명세서 도면에 근거하여, 본 발명의 기술방안을 진일보 설명하고자 한다.
- [0069] 실시예 1-6
- [0070] 하기 단계에 따라 본 발명의 고강도 강판을 제조하였다.
- [0071] 1) 제련, 각 조성분의 배합비를 표1에 표시한바와 같이 제어하며, 탄소당량 $CEV \leq 0.56\%$ 를 만족시키게 한다;
- [0072] 2) 주조;
- [0073] 3) 가열, 가열온도는 1040 내지 1250°C이다;
- [0074] 4) 압연: 두개 단계로 나뉘며, 제1단계의 압연 시작온도는 1010 내지 1240°C이며, 제1단계에서 여러차례 압연을 진행하며, 매차례 압연의 변형률의 범위는 8 내지 30%이며, 제1단계 압연 후 냉각시킨다. 냉각은 롤링 레일(rolling rail)위에서 공기냉각 또는 분수장치를 이용한 수냉각 또는 분무냉각 등의 일 종 또는 두가지를 결합하여 진행할 수 있다. 제2단계 압연 시작온도는 750 내지 870°C이며, 압연 마감온도는 740 내지 850°C이며, 제2단계에서 여러차례 압연을 진행하며, 매차례 압연 변형률은 5 내지 30%이다.
- [0075] 5) 냉각: 압연 후의 강판을 15 내지 50°C/s의 속도로 ≤450°C로 수냉각 시킨 후, 실온까지 공기냉각시켜, 강판의 미세조직이 초미세 베이나이트 라스 및 마르텐사이트인 강판을 얻는다.
- [0076] 6) 텁퍼링: 텁퍼링 온도는 450 내지 650°C이며, 텁퍼링 후 공기 냉각을 진행하며, 공기 냉각은 팔링 냉각(piling cooling) 또는 베드 냉각(bed cooling)을 취할 수 있다.
- [0077] 도 1은 본 발명의 실시예 4의 광학 현미경하에서의 고강도 강판의 미세조직을 나타낸다.

표 1

- [0078] 실시예 1 내지 6의 고강도 강판의 각 조성분의 질량백분비(wt.%, 잔부는 Fe 및 기타 불가피한 불순물)

실시예	C	Si	Mn	Cr	Mo	Nb	V	Ti	Al	B	N	O	Ca	CEV
1	0.115	0.3	1.8	0.2	0.4	0.05	0.05	0.04	0.08	0.002	0.005	0.003	0.003	0.545
2	0.105	0.35	1.9	0.2 5	0.3	0.04	0.04	0.03	0.07	0.0015	0.004	0.004	0.004	0.540
3	0.1	0.25	2	0	0.4	0.04	0.04	0.015	0.05	0.001	0.006	0.003	0.002	0.521
4	0.09	0.5	2.1	0.1 5	0.2	0.05	0.04	0.01	0.06	0.001	0.003	0.002	0.002	0.518
5	0.08	0.2	2.2	0.3 5	0.1	0.03	0.03	0.008	0.01	0.0006	0.002	0.003	0.001	0.543
6	0.07	0.4	2.3	0.0 5	0.4	0.06	0.06	0.002	0.03	0.0015	0.003	0.004	0	0.555

[0079]

표 2는 실시예 1 내지 6의 구체적 공정변수를 나타낸다. 그중, 표 2중의 각 실시예의 구체적 공정변수는 표1중의 상응한 실시예 1 내지 6에 대응된다.

표 2

실시예 1 내지 6의 제조공정의 구체적인 공정변수

실시예	가열온도 (°C)	제1단계 압연시작온도 (°C)	제1단계 매차례 변형률(%)	제2단계 압연시작온도(°C)	제2단계 압연 마감온도(°C)	제2단계 매차례 변형률(%)	냉각속도 (°C/s)	냉각정지온도 (°C)	탬퍼링온도 (°C)
1	1250	1240	15-30	870	850	10-30	45	450	500
2	1200	1170	8-30	840	810	5-25	20	200	650
3	1150	1120	8-25	810	800	5-30	30	400	600
4	1100	1080	15-28	790	780	15-25	50	350	550
5	1080	1050	10-25	770	760	15-30	15	300	450
6	1040	1010	10-28	750	740	10-28	15	室?	650

표 3

본 기술방안의 실시예 1 내지 6의 고강도 강판의 관련 성능 변수

실시예	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)	세로방향 충격에너지 -40°C Akv (J)	Pcm	Qm
1	960	1070	13	112/121/103	0.266	3.70
2	945	1035	14	101/131/105	0.256	3.61
3	1040	1115	12	99/91/92	0.244	3.64
4	1010	1100	12	97/93/86	0.242	3.52
5	1005	1080	13	121/98/105	0.227	3.49
6	955	1050	13	105/111/96	0.241	4.11

[0082]

*비고:Pcm는 용접 균열 감수성지수이며, 공식 $Pcm = C + Si/30 + (Mn + Cr + Cu)/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + B/5$ 을 만족시킨다.

[0083]

Qm은 강판의 담금질성 계수이며, 공식 $Qm = 1.379C + 0.218Si + 1.253Mn + 2.113Mo + 0.879Cr + 101.21B$ 를 만족시킨다.

[0084]

표3과 표1에서 알 수 있듯이, 본 발명의 고강도 강판은 저탄소 당량 및 저 용접균열 감수성지수를 가지고 있으며, CEV < 0.56%, Pcm < 0.27%이며, 담금질성 계수는 $3.4 < Qm < 4.2$ 이다. 비교적 낮은 탄소당량 CEV와 용접균열 감수성지수 Pcm는 강판이 양호한 용접성을 얻을 수 있는데 유리하다. 표3에 알 수 있듯이, 고강도 강판은 항복강도 > 900MPa이며, 인장강도 > 1000MPa이며, 연신율 ≥ 12%, 충격에너지 Akv (-40°C) > 80J이다. 따라서, 강판은 양호한 용접성 및 비교적 높은 역학적 성능을 가지고 있으며, 기계구조용 강판의 고강도, 저온 인성, 용접 용이성의 요구를 만족시킬 수 있으며, 공정기계, 광산기계 및 항구기계의 구조품의 제조에 광범위하게 사용될 수 있다.

[0085]

본 기술분야의 일반기술자들은, 상기의 실시예는 본 발명을 설명하기 위한 것이지, 본 발명을 한정하기 위한 것이 아니며, 본 발명의 주지 범위내에서, 상기 실시예의 변화, 변형은 모두 본 발명의 특허청구의 범위내에 있음을 이해해야 한다.

도면

도면1

