(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2023 년 3 월 9 일 (09.03.2023)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2023/033478 A1

(51) 국제특허분류:
C22C 38/04 (2006.01) *C22C 38/12* (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) *C21D 8/02* (2006.01)
C22C 38/14 (2006.01) *B21C 47/02* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2022/012878

(22) 국제출원일: 2022 년 8 월 29 일 (29.08.2022)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2021-0115367 2021 년 8 월 31 일 (31.08.2021) KR

(71) 출원인: 주식회사 포스코 **(POSCO CO., LTD)** [KR/KR]; 37859 경상북도 포항시 남구 동해안로 6261, Gyeongsangbuk-do (KR).

(72) 발명자: **양홍석 (YANG, Hong-Seok)**; 37877 경상북도 포항시 남구 동해안로 6262, Gyeongsangbuk-do (KR). **김흥주 (KIM, Heung-Ju)**; 37877 경상북도 포항시 남구 동해안로 6262, Gyeongsangbuk-do (KR). **김한성 (KIM, Han-Sung)**; 06194 서울특별시 강남구 테헤란로 440, Seoul (KR). **이정욱 (LEE, Jeong-Uk)**; 57807 전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26, Jeollanam-do (KR). **나승민 (LA, Seung-Min)**; 57807 전라남도 광양시 폭포사랑길 20-26, Jeollanam-do (KR).

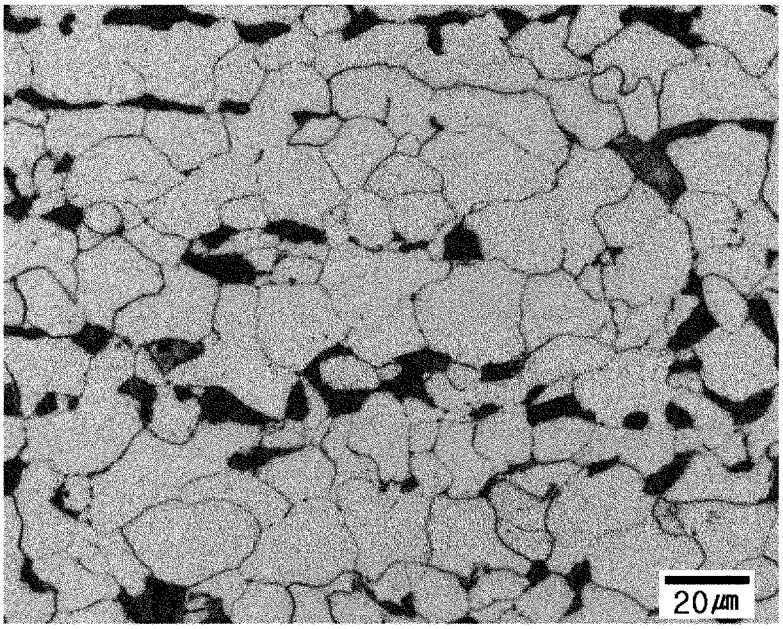
(74) 대리인: 특허법인 씨엔에스 **(C&S PATENT AND LAW OFFICE)**; 06292 서울특별시 강남구 언주로30길 13, 대림아크로텔 7층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) **Title:** HOT-ROLLED STEEL SHEET FOR HYPER TUBE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) **발명의 명칭:** 진공열차 튜브용 열연강판 및 그 제조방법



(57) **Abstract:** An aspect of the present invention may provide: a hot-rolled steel sheet that is excellent in terms of yield strength, vibration damping ratio, weldability, and weld site-low temperature toughness, and thus has physical properties suitable for application to a hyper tube; and a manufacturing method therefor.

(57) **요약서:** 본 발명의 일 측면에 따르면, 항복강도, 진동 감쇠비, 용접성 및 용접부 저온 인성이 우수하여 진공열차 튜브용으로 적합한 물성을 가지는 열연강판 및 그 제조방법을 제공할 수 있다.

[다음 쪽 계속]

WO 2023/033478 A1

공개:
— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 진공열차 튜브용 열연강판 및 그 제조방법

기술분야

[1] 본 발명은 열연강판 및 그 제조방법에 관한 것이며, 상세하게는 항복강도, 진동 감쇠비, 용접성 및 용접부 저온 인성이 우수하여 진공열차 튜브용으로 적합한 물성을 가지는 열연강판 및 그 제조방법에 관한 것이다.

[2]

배경기술

[3] 진공 열차, 일명 하이퍼 튜브 열차(hyper tube train)는 진공의 튜브 안을 자기 부상 열차가 움직이는 시스템이다. 진공 열차는 열차 주행 시 주요 에너지 손실의 원인인 공기나 트렉과의 마찰이 없기 때문에 초고속 운행이 가능하다. 에너지 손실이 적어 항공기 대비 93%의 에너지 절감이 가능하기에 친환경 차세대 교통수단으로 각광받으며 전세계에서 활발한 연구가 진행되고 있다.

[4]

[5] 초고속 진공 열차에 이용되는 진공 튜브는 그 구조와 소재가 시스템의 성능이나 비용에 영향을 미친다. 현재 진공 열차의 튜브 소재로 연구되는 재료는 크게 세가지 정도이다. 하나는 콘크리트이다. 콘크리트 튜브는 비용적인 측면에서 유리하지만, 10m 내외의 개별 튜브를 서로 잇는 접합이 용이하지 않다. 또한, 콘크리트 내부의 기공으로 인하여 진공을 구현했을 때 외부의 기체가 튜브 내부로 침입하여 진공도가 쉽게 깨지는 단점이 있다. 연구가 많이 이루어지는 다른 소재 중 하나는 탄소 섬유 등과 같은 복합 물질 소재이다. 탄소 섬유 등과 같은 복합 물질 소재는 가볍고 고성능을 가지지만, 높은 비용이 가장 큰 단점으로 꼽힌다.

[6]

[7] 현재 진공 열차 튜브용 소재로 가장 유력한 소재는 철강이다. 철강은 낮은 비용으로 대량 생산이 가능한 소재이다. 철강은 높은 강성 및 강도를 가지고 있으며 가공이 쉬운 소재이다. 또한 튜브간에 또는 튜브에 부속품을 조립하거나 용접하기 쉬운 소재이며, 진공을 유지할 때 탈기체율도 적정한 소재이기도 하다. 다만, 초고속 진공 열차는 현행 고속열차에 비해 현저하게 빠른 속도로 운행되기 때문에 승객 및 주변 시설의 안전성이 최우선으로 고려되어야 한다. 현재 초고속 진공 열차의 안전 기준조차 정립되어 있지 않은 상황이며, 초고속 진공 열차의 안전 확보를 위한 튜브용 소재의 개발 역시 미비한 상황이다.

[8]

[9] 따라서, 진공 열차 튜브용으로 적합한 가공성 및 탈기체율을 가지면서도, 안전성의 확보가 가능한 진공 열차 튜브용 소재의 개발이 시급한 실정이다.

[10]

[11] (특허문헌 1) 한국 등록특허공보 제10-2106353호 (2020.05.04. 공고)

[12]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[13] 본 발명의 일 측면에 따르면, 항복강도, 진동 감쇠비, 용접성 및 용접부 저온 인성이 우수하여 진공열차 튜브용으로 적합한 물성을 가지는 열연강판 및 그 제조방법을 제공할 수 있다.

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

[15]

과제 해결 수단

[16] 본 발명의 일 측면에 따른 진공열차 튜브용 열연강판은, 중량%로, 탄소(C): 0.03~0.11%, 실리콘(Si): 1.0~2.0%, 망간(Mn): 1.2~2.2%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 페라이트 및 펄라이트 복합조직을 미세조직으로 가지며, 하기의 관계식 1 내지 관계식 3을 만족할 수 있다.

[17] [관계식 1]

[18] $355 \leq 11 + 394*D^{(-0.5)} + 448*[C] + 94*[Si] + 69*[Mn]$

[19] [관계식 2]

[20] $100 \leq 186 - 240*D^{(-0.5)} - 121*[C] - 13.2*[Si] + 13.7*[Mn]$

[21] [관계식 3]

[22] $27 \leq 476 - 95.22*\ln(D) - 220*[C] - 88*[Si]$

[23] 상기 관계식 1 내지 관계식 3에서, D는 상기 열연강판에 포함되는 페라이트의 평균 입자 크기(㎛)를 의미하며, [C], [Si] 및 [Mn]은 각각 상기 열연강판에 포함되는 탄소(C), 실리콘(Si) 및 망간(Mn)의 함량(중량%)를 의미한다.

[24] 상기 열연강판의 미세조직은, 60~95면적%의 페라이트, 5~40면적%의 펄라이트 및 기타 불가피한 조직으로 이루어질 수 있다.

[25] 상기 열연강판에 불가피하게 포함되는 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)의 합량은 0.01% 미만(0% 포함)일 수 있다.

[26] 상기 페라이트의 평균 입자 크기(D)는 10~20㎛일 수 있다.

[27] 상기 열연강판의 항복강도는 350MPa 이상이고, 상기 열연강판의 -20℃ 기준 샤르피 충격 에너지는 27J 이상이며, 상기 열연강판을 길이*폭*두께가 80mm*20mm*2mm인 시편으로 가공한 후 굽힘 진동 모드(flexural vibration mode)에서 1650Hz 주파수에 대해 측정한 진동 감쇠비가 $100*10^{-6}$ 이상일 수 있다.

[28] 서브머지드 아크 용접으로 상기 열연강판을 용접하여 형성된 용접부에서, 상기 용접부의 -20℃ 기준 샤르피 충격 에너지는 27J 이상이고, 상기 용접부에

포함되는 M-A상의 분율은 5면적% 이하(0% 포함)일 수 있다.

[29] 상기 열연강판의 두께는 10mm 이상일 수 있다.

[30]

[31] 본 발명의 일 측면에 따른 진공열차 튜브용 열연강판의 제조방법은, 중량%로, 탄소(C): 0.03~0.11%, 실리콘(Si): 1.0~2.0%, 망간(Mn): 1.2~2.2%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 1100℃ 내지 1300℃의 가열 온도(T_1)에서 가열하는 단계; 상기 가열된 슬라브를 900℃ 내지 1000℃의 마무리 압연온도(T_2)로 열간압연하여 열연강판을 제공하는 단계; 및 상기 열연강판을 600℃ 내지 700℃의 권취온도(T_3)에서 권취하는 단계를 포함하며, 상기 마무리 압연온도(T_2) 및 권취온도(T_3)는 하기의 관계식 4를 만족할 수 있다.

[32] [관계식 4]

[33] $10 \leq -101.9 + 0.103*[T_2] + 0.0339*[T_3] -61.9*[C] - 190.2*[Nb] \leq 20$

[34] 상기 관계식 4에서 $[T_1]$, $[T_2]$ 및 $[T_3]$는 각각 슬라브 가열온도(T_1, ℃), 마무리 압연온도(T_2, ℃) 및 권취온도(T_3, ℃)를 의미하며, [C] 및 [Nb]는 각각 상기 열연강판에 포함되는 탄소(C) 및 니오븀(Nb)의 함량(중량%)를 의미한다.

[35] 상기 슬라브에 불가피하게 포함되는 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)의 합량은 0.01% 미만(0% 포함)일 수 있다.

[36]

[37] 상기 과제의 해결 수단은 본 발명의 특징을 모두 열거한 것은 아니며, 본 발명의 다양한 특징과 그에 따른 장점과 효과는 아래의 구체적인 구현예 및 실시예를 참조하여 보다 상세하게 이해될 수 있을 것이다.

[38]

발명의 효과

[39] 본 발명의 일 측면에 따르면, 항복강도, 진동 감쇠비, 용접성 및 용접부 저온 인성이 우수하여 진공열차 튜브용으로 적합한 물성을 가지는 열연강판 및 그 제조방법이 제공될 수 있다.

[40] 본 발명의 효과는 상술한 사항에 국한되는 것은 아니며, 통상의 기술자가 본 명세서에 기재된 사항으로부터 합리적으로 유추 가능한 사항을 포함하는 것으로 해석될 수 있다.

[41]

도면의 간단한 설명

[42] 도 1은 실리콘(Si)을 포함하지 않는 용접재료를 이용하여 1.5중량%의 실리콘(Si)을 포함하는 모재를 용접하여 형성된 용접부를 관찰한 현미경 사진이다.

[43] 도 2는 0.3중량%의 실리콘(Si)을 포함하는 용접재료를 이용하여 2.0중량%의 실리콘(Si)을 포함하는 모재를 용접하여 형성된 용접부를 관찰한 현미경 사진이다.

[44] 도 3은 시편 1의 미세조직 관찰에 이용된 광학현미경 사진이다.

[45] 도 4는 기존의 구조용 강재인 EN-S355의 광학현미경 사진이다.

[46]

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[47] 본 발명은 진공열차 튜브용 열연강판과 그 제조방법에 관한 것으로, 이하에서는 본 발명의 바람직한 구현예들을 설명하고자 한다. 본 발명의 구현예들은 여러 가지 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 설명되는 구현예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 구현예들은 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자에게 본 발명을 더욱 상세하기 위하여 제공되는 것이다.

[48]

[49] 진공 열차는 진공 또는 아(亞)진공 상태의 튜브 속을 달리는 열차로서, 현재 개발 초기 단계에 있는 차세대 운송 수단이다. 진공 열차는 차륜과 궤도간의 마찰저항을 제거하고, 공기의 저항을 최소화하므로, 고속화 및 고효율성을 효과적으로 달성할 수 있는 운송 수단이다. 다만, 초고속으로 운행하는 진공 열차의 특성상 진공 열차의 안전성이 충분히 확보되지 않는 경우, 대형 사고가 발생할 우려가 있다. 특히, 진공 튜브가 구조적으로 파손되거나 붕괴되는 경우뿐만 아니라, 튜브의 일부 형상에 변형이 발생한 경우에도 초대형 참사를 유발할 수 있는바, 진공 열차용 튜브용 소재는 더욱 엄격한 안전성이 요구된다. 본 발명의 발명자는 심도 있는 연구 결과, 진공 열차의 안전성을 확보하기 진공 튜브용 소재로서 다음의 물성이 주요하다는 것을 알 수 있었다.

[50]

[51] 진공 튜브용 소재에 요구되는 첫 번째 물성은 고강도 특성이다. 진공 열차는 진공 튜브의 내부를 통과하여 이동하므로, 진공 튜브용 소재는 구조체로서 충분한 강도를 가질 것이 요구된다. 또한, 진공 튜브는 내부가 진공 또는 아진공 상태로 유지되어야 하므로, 내부와 외부의 압력 차이에 의해 튜브의 형상의 변형되지 않도록 충분한 고강도 특성을 가질 것이 요구된다.

[52]

[53] 진공 튜브용 소재에 요구되는 두 번째 물성은 진동 감쇠능이다. 진공 열차는 수명 내지 수십명이 탑승한 파드(pod)가 수십 초 내지 수 분 간격으로 진공 튜브의 내부를 지나가게 된다. 선행 파드(pod)의 통과한 후 후행 파드(pod)의 통과 시 진공 튜브 내에서 진동이 증폭되어 공명이 발생할 수 있으며, 심각한 경우 튜브의 파손까지 유발할 수 있다. 따라서, 일정 수준 이상의 진동 감쇠비를 가지는 소재를 진공 튜브에 적용하는 경우, 선행 파드(pod)의 통과 후 튜브 내 진동을 효과적으로 감소시킬 수 있으며, 진공 열차의 안전성에 효과적으로 기여할 수 있다.

[54]

[55] 진공 튜브용 소재에 요구되는 세 번째 물성은 저온 인성이다. 진공 열차는 극지방 또는 심해에서도 운행될 수 있다. 철강 소재는 저온 또는 극저온 환경에서 보다 쉽게 파손되는 경향을 가지므로, 철강 소재를 진공 튜브에 적용하는 경우, 안전성 확보를 위해 일정 수준 이상의 저온 인성을 가질 것이 요구된다. 특히, 진공 열차용 튜브는 용접을 통해 튜브 형태로 제작되기 때문에 모재 뿐만 아니라 용접부에서도 우수한 저온 인성을 가질 것이 요구된다.

[56]

[57] 본 발명의 발명자는 심도 있는 연구를 통해, 강판의 합금조성 함량 및 미세조직을 엄격히 제어하여, 우수한 항복강도, 진동 감쇠비, 용접성 및 용접부 저온 인성을 양립시킬 수 있음을 인지하고 본 발명을 도출하게 되었다.

[58]

[59] 이하, 본 발명의 일 측면에 따른 진공열차 튜브용 열연강판에 대해 보다 상세히 설명한다.

[60]

[61] 본 발명의 일 측면에 따른 진공열차 튜브용 열연강판은, 중량%로, 탄소(C): 0.03~0.11%, 실리콘(Si): 1.0~2.0%, 망간(Mn): 1.2~2.2%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고, 페라이트 및 펄라이트 복합조직을 미세조직으로 가지며, 하기의 관계식 1 내지 관계식 3을 만족할 수 있다.

[62] [관계식 1]

[63] $355 \leq 11 + 394*D^{(-0.5)} + 448*[C] + 94*[Si] + 69*[Mn]$

[64] [관계식 2]

[65] $100 \leq 186 - 240*D^{(-0.5)} - 121*[C] - 13.2*[Si] + 13.7*[Mn]$

[66] [관계식 3]

[67] $27 \leq 476 - 95.22*\ln(D) - 220*[C] - 88*[Si]$

[68] 상기 관계식 1 내지 관계식 3에서, D는 상기 열연강판에 포함되는 페라이트의 평균 입자 크기(㎛)를 의미하며, [C], [Si] 및 [Mn]은 각각 상기 열연강판에 포함되는 탄소(C), 실리콘(Si) 및 망간(Mn)의 함량(중량%)를 의미한다.

[69]

[70] 이하, 본 발명의 열연강판에 포함되는 강 조성에 대하여 보다 상세히 설명한다. 이하, 특별히 달리 표시하지 않는 한 각 원소의 함량을 나타내는 %는 중량을 기준으로 한다.

[71]

[72] 탄소(C): 0.03~0.11%

[73] 탄소(C)는 강판의 강도에 매우 큰 영향을 미치는 성분이다. 본 발명은 구조체가 요구하는 강도를 확보하기 위하여 0.03% 이상의 탄소(C)를 포함할 수 있다. 반면, 탄소(C)의 함량이 과다한 경우, 소재의 인성이 저하되고, 용접성이 떨어지며, 항복비가 상승할 수 있다. 또한, 탄소(C)의 함량이 과다한 경우, 결정립의 조대화에 어려움이 따르므로, 본 발명은 탄소(C) 함량의 상한을 0.11%로 제한할

수 있다.

[74]

[75] 실리콘(Si): 1.0~2.0%

[76] 실리콘(Si)은 제강 단계에서 산소화 결합하여 슬래그를 형성하므로, 산소와 함께 제거되는 경향이 있다. 또한, 실리콘(Si)은 소재의 강도 향상에도 효과적으로 기여하는 성분이기도 하다. 따라서, 본 발명은 이와 같은 효과를 위해 1.0% 이상의 실리콘(Si)을 포함할 수 있다. 반면, 실리콘(Si)의 함량이 과다한 경우, 표면 스케일의 탈락을 방해하여 제품 표면 품질을 저하시킬 수 있다. 또한, 실리콘(Si)의 함량이 과도한 경우 용접부에 M-A상(마르텐사이트-오스테나이트 복합체)의 형성을 조장하여 용접부의 저온 인성이 저하될 수 있으므로, 본 발명은 실리콘(Si)의 함량을 2.0% 이하로 제한할 수 있다.

[77]

[78] 망간(Mn): 1.2~2.2%

[79] 망간(Mn)은 강의 강도 및 경화능을 향상시키는 성분이다. 따라서, 본 발명은 이와 같은 효과를 확보하기 위해 1.2% 이상의 망간(Mn)을 포함할 수 있다. 반면, 망간(Mn)의 함량이 과도한 경우, 중심부 편석에 의해 재질 편차가 발생하고, 크랙(crack) 전파 저항성이 열위해질 수 있다. 또한, 망간(Mn)의 함량이 과도한 경우 강의 인성이 저하될 수 있는바, 본 발명은 망간(Mn)의 함량을 2.2% 이하로 제한할 수 있다.

[80]

[81] 본 발명의 열연강판은 전술한 성분 이외에 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함할 수 있다. 다만, 통상의 제조과정에서는 원료 또는 주위 환경으로부터 의도되지 않는 불순물이 불가피하게 혼입될 수 있으므로, 이를 전면적으로 배제할 수는 없다. 이들 불순물은 본 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구라도 알 수 있는 것이기 때문에 그 모든 내용을 본 명세서에서 특별히 언급하지는 않는다. 더불어, 전술한 성분 이외에 유효한 성분의 추가적인 첨가가 전면적으로 배제되는 것은 아니다.

[82]

[83] 본 발명의 열연강판은 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)의 첨가를 적극 억제하며, 이들 성분이 불가피하게 포함되더라도 그 합계 함량을 0.01% 미만(0% 포함)으로 제한할 수 있다. 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)은 대표적인 석출강화 원소로, 미세 탄질화물을 생성하여 강의 강도 향상에 효과적으로 기여하는 성분이다. 다만, 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)은 강의 미세조직을 과도하게 미세화하여 진동 감쇠능 확보에 불리하게 작용하므로, 본 발명은 이들 성분을 적극 억제하고자 한다. 또한, 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)은 고가의 성분으로, 경제성 측면에서도 바람직하지 않다. 본 발명은 이들 성분을 인위적으로 첨가하지 않으며, 불가피하게 첨가되는 경우라 하더라도 이들

성분의 합계 함량을 0.01% 미만으로 적극 억제할 수 있다. 바람직한 이들 성분의 합계 함량은 0.005% 이하일 수 있으며, 보다 바람직한 이들 성분의 합계 함량을 0%일 수 있다.

[84]

[85] 본 발명의 일 측면에 따른 열연강판은 미세조직으로 페라이트 및 펄라이트로 이루어진 복합조직을 가질 수 있다. 본 발명은 베이나이트 및 마르텐사이트 등의 저온조직의 생성을 적극 억제할 수 있다. 베이나이트 및 마르텐사이트 등의 저온조직은 높은 강도를 가지고 항복비가 낮아 구조용 재료로서 우수한 물성을 발휘할 수 있다. 다만, 본 발명이 목표로 하는 진공열차 튜브용 열연강판은 두께가 10mm 이상의 수준으로 두껍기 때문에, 저온 조직을 도입하더라도 강판의 두께방향으로 물성 편차가 발생하게 된다. 강판의 표면에서만 저온 조직이 형성되고, 강판의 중심부까지 충분히 저온 조직이 생성되기는 어렵기 때문이다.

[86]

[87] 따라서, 본 발명은 물성 편차를 저감하기 위해 강판의 미세조직을 페라이트 및 펄라이트로 이루어진 복합조직으로 구성하며, 베이나이트 및 마르텐사이트 등의 저온조직은 불가피하게 형성되더라도 그 분율을 1면적% 이하(0% 포함)로 적극 억제할 수 있다. 물성 확보 측면에서, 페라이트의 분율은 60~95면적%일 수 있으며, 펄라이트의 분율은 5~40면적%일 수 있다.

[88]

[89] 목적하는 항복강도, 진동 감쇠비 및 저온 인성을 동시에 확보하기 위해, 본 발명은 페라이트의 평균 입도를 일정 범위로 제한할 수 있다. 결정립 크기가 커질수록 진동 감쇠비 확보에 유리하므로, 본 발명은 페라이트의 평균 입도를 10㎛ 이상으로 제한할 수 있다. 반면, 결정립의 크기가 과도하게 커지는 경우, 소재의 강도 및 저온 인성이 열위해지므로, 본 발명은 페라이트의 평균 입경을 20㎛ 이하로 제한할 수 있다.

[90]

[91] 본 발명의 발명자는 진공열차 튜브용 소재의 안정성 확보 방안에 대해 심도 있는 연구를 수행한 결과, 본 발명과 같은 저합금계 강판에서 탄소(C), 실리콘(Si) 및 망간(Mn)의 함량과 페라이트의 평균 입경을 일정 범위로 제어하는 경우 항복강도, 진동 감쇠비 및 용접부 저온 인성의 동시 확보가 가능하다는 점을 인지하고 아래의 관계식 1 내지 관계식 3을 도출하게 되었다.

[92]

[93] [관계식 1]

[94] $355 \leq 11 + 394*D^{(-0.5)} + 448*[C] + 94*[Si] + 69*[Mn]$

[95] [관계식 2]

[96] $100 \leq 186 - 240*D^{(-0.5)} - 121*[C] - 13.2*[Si] + 13.7*[Mn]$

[97] [관계식 3]

[98] $27 \leq 476 - 95.22*\ln(D) - 220*[C] - 88*[Si]$

[99] 상기 관계식 1 내지 관계식 3에서, D는 상기 열연강판에 포함되는 페라이트의 평균 입자 크기(㎛)를 의미하며, [C], [Si] 및 [Mn]은 각각 상기 열연강판에 포함되는 탄소(C), 실리콘(Si) 및 망간(Mn)의 함량(중량%)를 의미한다.

[100]

[101] 본 발명의 진공열차 튜브용 열연강판은 관계식 1 내지 3을 모두 만족하므로, 목적하는 항복항도, 진동 감쇠비 및 용접부 저온 인성을 동시에 확보할 수 있다.

[102]

[103] 본 발명의 진공열차 튜브용 열연강판은 350MPa 이상의 항복강도 및 27J 이상의 -20℃ 샤르피 충격 에너지를 가질 수 있다. 따라서, 본 발명의 진공열차 튜브용 열연강판은 구조재로서 적합한 강도 및 저온인성을 확보하여, 진공열차용 튜브의 구조적 안전성을 효과적으로 확보할 수 있다.

[104]

[105] 본 발명의 진공열차 튜브용 열연강판은 $100*10^{-6}$ 이상의 진동 감쇠비를 가질 수 있다. 여기서, 진동 감쇠비는 길이*폭*두께가 80*20*2mm인 시편에 대해 굽힘 진동 모드(flexural vibration mode)에서 타격한 후 1650Hz 주파수에 대해 측정한 진동 감쇠비를 의미한다. 본 발명의 진공열차 튜브용 열연강판은 $100*10^{-6}$ 이상의 진동 감쇠비를 가지므로, 진공 튜브 내에서의 진동 증폭을 효과적으로 억제할 수 있으며, 진동에 의한 진공열차용 튜브의 파손을 효과적으로 방지할 수 있다.

[106]

[107] 본 발명의 일 측면에 따른 열연강판을 서브머지드 아크 용접을 이용하여 용접하였을 때, 용접부의 -20℃ 기준 샤르피 충격 에너지는 27J 이상일 수 있으며, 용접부에 포함되는 M-A상의 분율은 5면적% 이하(0% 포함)일 수 있다. 바람직한 용접부 M-A상 분율은 3면적% 이하일 수 있으며, 보다 바람직한 용접부 M-A상 분율은 1면적% 이하일 수 있다. 여기서, 용접부는 용융선(fusion line)으로부터 1mm 떨어진 위치로서, 용융금속(weld metal)부와 용접열영향부(heat-affected zone, HAZ)를 모두 포함하는 의미로 해석될 수 있다.

[108]

[109] 본 발명에서 용접에 이용되는 용접재료가 특별히 제한되는 것은 아니지만, 가급적 실리콘(Si)을 포함하지 않는 용접재료를 이용하여 용접을 실시하는 것이 바람직하다. 실리콘(Si)을 포함하는 용접재료를 이용하여 용접을 실시하는 경우, 과도한 경화능에 의해 용접부에 경질의 M-A사이 다량 형성될 가능성이 존재하기 때문이다. 도 1은 실리콘(Si)을 포함하지 않는 용접재료를 이용하여 1.5중량%의 실리콘(Si)을 포함하는 모재를 용접하여 형성된 용접부를 관찰한 현미경 사진이며, 도 2는 0.3중량%의 실리콘(Si)을 포함하는 용접재료를 이용하여 2.0중량%의 실리콘(Si)을 포함하는 모재를 용접하여 형성된 용접부를 관찰한 현미경 사진이다. 도 2에서는 결정립계에 다량의 하얀색 영역(M-A상)이

관찰되는 반면, 도 1에서는 M-A상이 관찰되지 않는 것을 확인할 수 있다.

[110]

[111] 따라서, 본 발명의 일 측면에 따르면, 항복강도, 진동 감쇠비 및 용접부 저온 인성이 우수하여 진공열차 튜브용으로 적합한 물성을 가지는 열연강판을 제공할 수 있다.

[112]

[113] 이하, 본 발명의 일 측면에 따른 진공열차 튜브용 열연강판의 제조방법에 대해 보다 상세히 설명한다.

[114]

[115] 본 발명의 일 측면에 따른 진공열차 튜브용 열연강판의 제조방법은, 중량%로, 탄소(C): 0.03~0.11%, 실리콘(Si): 1.0~2.0%, 망간(Mn): 1.2~2.2%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 1100℃ 내지 1300℃의 가열 온도(T_1)에서 가열하는 단계; 상기 가열된 슬라브를 900℃ 내지 1000℃의 마무리 압연온도(T_2)로 열간압연하여 열연강판을 제공하는 단계; 및 상기 열연강판을 600℃ 내지 700℃의 권취온도(T_3)에서 권취하는 단계를 포함하며, 상기 마무리 압연온도(T_2) 및 권취온도(T_3)는 하기의 관계식 4를 만족할 수 있다.

[116] [관계식 4]

[117] $10 \leq -101.9 + 0.103*[T_2] + 0.0339*[T_3] -61.9*[C] - 190.2*[Nb] \leq 20$

[118] 상기 관계식 4에서 $[T_1]$, $[T_2]$ 및 $[T_3]$는 각각 슬라브 가열온도(T_1, ℃), 마무리 압연온도(T_2, ℃) 및 권취온도(T_3, ℃)를 의미하며, [C] 및 [Nb]는 각각 상기 열연강판에 포함되는 탄소(C) 및 니오븀(Nb)의 함량(중량%)를 의미한다.

[119]

[120] 강 슬라브의 준비 및 가열

[121] 소정의 합금조성을 가지는 강 슬라브를 준비한다. 본 발명의 강 슬라브는 전술한 열연강판과 대응하는 합금조성을 구비하므로, 강 슬라브의 합금조성에 대한 설명은 전술한 열연강판의 합금조성에 대한 설명으로 대신한다.

[122]

[123] 준비된 강 슬라브를 1100℃ 내지 1300℃의 가열 온도(T_1)에서 가열할 수 있다. 열간압연 시 압연 부하를 고려하여 강 슬라브는 1100℃ 이상의 온도범위에서 가열될 수 있다. 특히, 본 발명은 일정 크기 이상의 미세조직을 도입하고자 하므로, 바람직한 강 슬라브의 가열 온도는 1200℃ 이상일 수 있다. 보다 바람직한 강 슬라브 가열 온도는 1250℃ 이상일 수 있다. 반면, 강 슬라브 가열 온도가 과도하게 높은 경우, 스케일 생성에 의한 표면품질 저하가 우려되므로, 본 발명은 강 슬라브 가열 온도를 1300℃ 이하로 제한할 수 있다.

[124]

[125] 열간압연

[126] 가열된 강 슬라브를 900℃ 내지 1000℃의 마무리 압연온도(T_2)로 열간압연하여 열연강판을 제공할 수 있다. 본 발명의 열간압연에 의해 제공되는 강판은 10㎛

이상의 두께를 가질 수 있다.

[127]

[128] 열간압연시 소재가 압연되면서 결정립은 변형되지만 곧 재결정된다. 이와 같은 과정을 거치면서 조대하고 불균일했던 조직은 미세화되고 균질화된다. 열간압연시 중요한 공정 변수는 압연을 마쳤을 때의 온도인 마무리 압연온도(Finishing Delivery Temperature, FDT)이다. 마무리 압연온도에 따라 최종 미세조직의 입도 등이 제어될 수 있기 때문이다. 본 발명은 최종 미세조직을 일정 크기 이상의 수준으로 제어하고자 하므로, 900℃ 이상의 마무리 압연온도로 열간압연을 실시할 수 있다. 바람직한 마무리 압연온도는 950℃ 이상일 수 있다. 반면, 마무리 압연온도가 과도하게 높은 경우, 최종 미세조직이 과도하게 조대하게 구현될 수 있는바, 본 발명은 마무리 압연온도의 상한을 1000℃로 제한할 수 있다.

[129]

[130] 권취

[131] 열간압연에 의해 제공된 열연강판은 수냉을 거친 후 600℃ 내지 700℃의 권취온도(T_3)에서 권취될 수 있다. 본 발명은 최종 조직으로 페라이트 및 펄라이트의 복합조직을 구현하고자 하므로, 600℃ 이상의 온도범위에서 권취를 실시할 수 있다. 본 발명은 일정 크기 이상의 최종 미세조직을 구현하고자 하므로, 650℃ 이상의 온도범위에서 권취하는 것이 보다 바람직하다. 다만, 권취온도가 과도하게 높은 경우 조대 미세조직이 형성되거나, 표면 품질이 열위해질 수 있는바, 본 발명은 권취 온도의 상한을 700℃로 제한할 수 있다.

[132]

[133] 본 발명의 발명자는 최종 미세조직의 입도를 제어하기 위한 기술적 수단과 관련하여 심도 있는 연구를 실시하였으며, 본 발명의 성분계에서 최종 미세조직의 입도 제어를 위해서는 강 슬라브 가열시의 가열온도(T_1), 열간압연시의 마무리 압연온도(T_2) 및 권열연강판 권취시의 권취온도(T_3)가 독립적으로 일정 범위를 만족하도록 제어해야 할 뿐만 아니라, 마무리 압연온도(T_2) 및 권취온도(T_3)를 서로 연계하여 일정한 범위 내에서 제어해야 함을 확인하고 아래의 관계식 4를 도출하게 되었다.

[134]

[135] [관계식 4]

[136] $10 \leq -101.9 + 0.103*[T_2] + 0.0339*[T_3] -61.9*[C] - 190.2*[Nb] \leq 20$

[137] 상기 관계식 4에서 $[T_1]$, $[T_2]$ 및 $[T_3]$는 각각 슬라브 가열온도(T_1, ℃), 마무리 압연온도(T_2, ℃) 및 권취온도(T_3, ℃)를 의미하며, [C] 및 [Nb]는 각각 상기 열연강판에 포함되는 탄소(C) 및 니오븀(Nb)의 함량(중량%)를 의미한다.

[138]

[139] 따라서, 본 발명의 일 측면에 따른 진공열차 튜브용 열연강판의 제조방법은 1100℃ 내지 1300℃의 가열 온도(T_1)에서 슬라브를 가열하고, 900℃ 내지

1000℃의 마무리 압연온도(T_2)에서 열간압연을 실시하고, 600℃ 내지 700℃의 권취온도(T_3)에서 열연강판을 권취할 뿐만 아니라, 마무리 압연온도(T_2) 및 권취온도(T_3)가 관계식 4를 만족하도록 공정조건을 제어하므로, 목표하는 열연강판의 미세조직을 효과적으로 구현할 수 있다.

[140]

[141] 전술한 제조방법에 의해 제조된 열연강판은 하기의 관계식 1 내지 3을 만족할 수 있다.

[142]

[143] [관계식 1]

[144] $355 \leq 11 + 394*D^{(-0.5)} + 448*[C] + 94*[Si] + 69*[Mn]$

[145] [관계식 2]

[146] $100 \leq 186 - 240*D^{(-0.5)} - 121*[C] - 13.2*[Si] + 13.7*[Mn]$

[147] [관계식 3]

[148] $27 \leq 476 - 95.22*\ln(D) - 220*[C] - 88*[Si]$

[149] 상기 관계식 1 내지 관계식 3에서, D는 상기 열연강판에 포함되는 페라이트의 평균 입자 크기(㎛)를 의미하며, [C], [Si] 및 [Mn]은 각각 상기 열연강판에 포함되는 탄소(C), 실리콘(Si) 및 망간(Mn)의 함량(중량%)를 의미한다.

[150]

[151] 전술한 제조방법에 의해 제조된 열연강판은, 350MPa 이상의 항복강도 및 27J 이상의 -20℃ 샤르피 충격 에너지를 가질 뿐만 아니라, 길이*폭*두께가 80*20*2mm인 시편을 준비하여 굽힘 진동 모드(flexural vibration mode)에서 1650Hz 주파수에 대해 측정한 진동 감쇠비 $100*10^{-6}$ 이상의 수준을 만족할 수 있다.

[152]

[153] 또한, 전술한 제조방법에 의해 제조된 열연강판을 서브머지드 아크 용접으로 용접하였을 때, 용접부의 -20℃ 기준 샤르피 충격 에너지는 27J 이상일 수 있으며, 용접부에 포함되는 M-A상의 분율은 5면적% 이하(0% 포함)일 수 있다. 여기서, 용접부는 용융선(fusion line)으로부터 1mm 떨어진 위치를 의미할 수 있다.

[154]

[155] 따라서, 본 발명의 일 측면에 따르면, 항복강도, 진동 감쇠비 및 용접부 저온 인성이 우수하여 진공열차 튜브용으로 적합한 물성을 가지는 열연강판의 제조방법을 제공할 수 있다.

[156]

발명의 실시를 위한 형태

[157] 이하, 구체적인 실시예를 통하여 본 발명의 진공열차 튜브용 열연강판 및 그 제조방법에 대해 보다 상세히 설명한다. 아래의 실시예는 본 발명의 이해를 위한 것일 뿐, 본 발명의 권리범위를 특정하기 위한 것이 아님을 유의할 필요가 있다.

본 발명의 권리범위는 특허청구범위에 기재된 사항과 이로부터 합리적으로 유추되는 사항에 의해 결정될 수 있다.

[158]

[159] (실시예)

[160] 아래의 표 1의 합금조성으로 구비되는 두께 250mm의 강 슬라브를 준비한 후 표 2의 공정조건을 적용하여 두께 15mm의 열연강판을 제조하였다. 아래의 표 1에 기재되지 않은 합금 성분은 불순물 및 잔부 Fe를 의미하며, "-" 표시는 오차범위 내에서 0wt%에 근접한 경우를 의미한다.

[161]

[162] [표1]

강종	합금조성(wt%)					
	C	Si	Mn	Ti	Nb	V
A	0.07	1.6	1.7	-	-	-
B	0.07	2.1	1.5	-	-	-
C	0.07	0.8	1.7	-	-	-
D	0.07	1	1.7	-	0.045	-
E	0.2	1	1.2	-	-	-
F	0.07	1.6	0.8	-	-	-

[163]

[164] [표2]

시편 No.	강종	공정조건			관계식 4
		슬라브 가열온도 (T_1, ℃),	마무리 압연온도 (T_2, ℃)	권취온도 (T_3, ℃)	
1	A	1250	950	700	15
2	A	1250	880	600	5
3	A	1300	1000	750	22
4	B	1250	950	700	15
5	C	1250	950	700	15
6	D	1250	950	700	7
7	E	1250	950	700	7
8	F	1250	950	700	15

[165]

[166] 각 시편의 미세조직 및 기계적 물성을 분석하여 표 3에 기재하였으며, 각 시편의 관계식 1 내지 관계식 3의 만족 여부를 표 3에 함께 기재하였다. 미세조직은 나이탈(Nital) 에칭법으로 각 시편을 에칭한 후 500배율의 광학 현미경을 이용하여 측정하였다. 페라이트의 결정립 크기는 ASTM E112에 따라 측정하였다. 도 3은 시편 1의 미세조직 관찰에 이용된 광학현미경 사진이다. KS B 0802 및 KS B 0810에 따라 기계적 물성을 측정하였으며, 측정된 항복강도를 표 3에 함께 기재하였다.

[167]

[168] 진동 감쇠비는 길이*폭*두께가 80*20*2mm인 시편을 준비한 후 IMCE의 RFDA LTV800을 사용하여 상온에서 측정하였다. 굽힘 진동 모드(flexural vibration mode)에서 타격한 후 해당 시편의 진동 모드 중 1st 모드에 해당하는 1650 Hz 영역의 진동 감쇠비를 측정하여 분석하였으며, 그 결과를 표 3에 함께 기재하였다.

[169]

[170] C: 0.052중량%, Mn: 1.53중량%, Ni: 1.3중량%. Mo: 0.135중량%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 용접재료를 이용하여 각각의 시편에 대한 서브머지드 아크용접을 실시하였다. 서브머지드 아크 용접시 내측(inside)에는 20kJ/cm^{2}의 입열량을 적용하였으며 외측(outside)에는 22kJ/cm^{2}의 입열량을 적용하였다. KS B 0810에 따라 용접부의 -20℃ 샤르피 충격인성을 측정하였으며, 그 결과를 표 3에 기재하였다. 용융선(fusion line)으로부터 1mm 떨어진 영역에 대해, EDTA 5g, NaF 0.5g을 증류수 100ml에 녹인 용액을 이용하여 1차 에칭한 후, NaOH 25g, picric acid 5g을 증류수 100ml에 녹인 용액을 이용하여 2차 에칭하였으며, ASTM E 562에 따라 M-A상 분율을 측정하였다.

[171]

[172] [표3]

시편 No.	강종	미세조직	페라이트 평균 입경 (D, ㎛)	관계식 1	관계식 2	관계식 3	진동 감쇠비 (*10-6)	항복강도 (MPa)	용접부 샤르피 에너지 (J, @-20℃)	용접부 M-A상 분율 (면적%)
1	A	F+P	15	412	118	62	110	400	55	1
2	A	F+P	5	486	72	167	56	510	102	1
3	A	F+P	22	394	129	25	110	380	18	1
4	B	F+P	15	445	108	18	113	460	20	11
5	C	F+P	15	337	128	132	130	340	103	0
6	D	F+P	7	403	97	187	88	404	123	0
7	E	F+P	7	426	74	159	65	415	121	0
8	F	F+P	15	350	105	62	101	336	44	1

[173]

[174] 표 1 내지 표 3에 기재된 바와 같이, 본 발명의 합금조성, 공정조건 및 관계식 1 내지 4를 만족하는 시편은 350MPa 이상의 항복강도, 100*10 -6 이상의 진동 감쇠비를 만족할 뿐만 아니라, 용접부의 -20℃ 기준 샤르피 충격 에너지가 27J 이상을 만족하는 반면, 본 발명이 제한하는 조건 중 어느 하나 이상을 만족하지 않는 시편들은 목적하는 물성을 동시에 확보하지 못하는 것을 알 수 있다.

[175]

[176] 또한, 종래재와의 비교를 위해, 기존의 구조용 강재인 EN-S355에 대해 동일한 조건에서 시험을 진행하였으며, EN-S355의 경우 동일한 조건에서 측정된 진동 감쇠비가 60*10 -6의 수준에 불과한 것을 확인할 수 있었다. 도 4는 광학현미경을 이용하여 촬영한 EN-S355의 미세조직 관찰 사진이다.

[177]

[178] 따라서, 본 발명의 일 측며에 따르면, 항복강도, 진동 감쇠비 및 용접부 저온 인성이 우수하여 진공열차 튜브용으로 적합한 물성을 가지는 열연강판 및 그 제조방법을 제공할 수 있다.

[179]

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

청구범위

[청구항 1] 중량%로, 탄소(C): 0.03~0.11%, 실리콘(Si): 1.0~2.0%, 망간(Mn): 1.2~2.2%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하고,
페라이트 및 펄라이트 복합조직을 미세조직으로 가지며,
하기의 관계식 1 내지 관계식 3을 만족하는, 진공열차 튜브용 열연강판.
[관계식 1]
$355 \leq 11 + 394*D^{(-0.5)} + 448*[C] + 94*[Si] + 69*[Mn]$
[관계식 2]
$100 \leq 186 - 240*D^{(-0.5)} - 121*[C] - 13.2*[Si] + 13.7*[Mn]$
[관계식 3]
$27 \leq 476 - 95.22*\ln(D) - 220*[C] - 88*[Si]$
상기 관계식 1 내지 관계식 3에서, D는 상기 열연강판에 포함되는 페라이트의 평균 입자 크기(㎛)를 의미하며, [C], [Si] 및 [Mn]은 각각 상기 열연강판에 포함되는 탄소(C), 실리콘(Si) 및 망간(Mn)의 함량(중량%)를 의미한다.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 열연강판의 미세조직은, 60~95면적%의 페라이트, 5~40면적%의 펄라이트 및 기타 불가피한 조직으로 이루어지는, 진공열차 튜브용 열연강판.

[청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 열연강판에 불가피하게 포함되는 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)의 합량은 0.01% 미만(0% 포함)인, 진공열차 튜브용 열연강판.

[청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 페라이트의 평균 입자 크기(D)는 10~20㎛인, 진공열차 튜브용 열연강판.

[청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 열연강판의 항복강도는 350MPa 이상이고,
상기 열연강판의 -20℃ 기준 샤르피 충격 에너지는 27J 이상이며,
상기 열연강판을 길이*폭*두께가 80mm*20mm*2mm인 시편으로 가공한 후 굽힘 진동 모드(flexural vibration mode)에서 1650Hz 주파수에 대해 측정한 진동 감쇠비가 $100*10^{-6}$ 이상인, 진공열차 튜브용 열연강판.

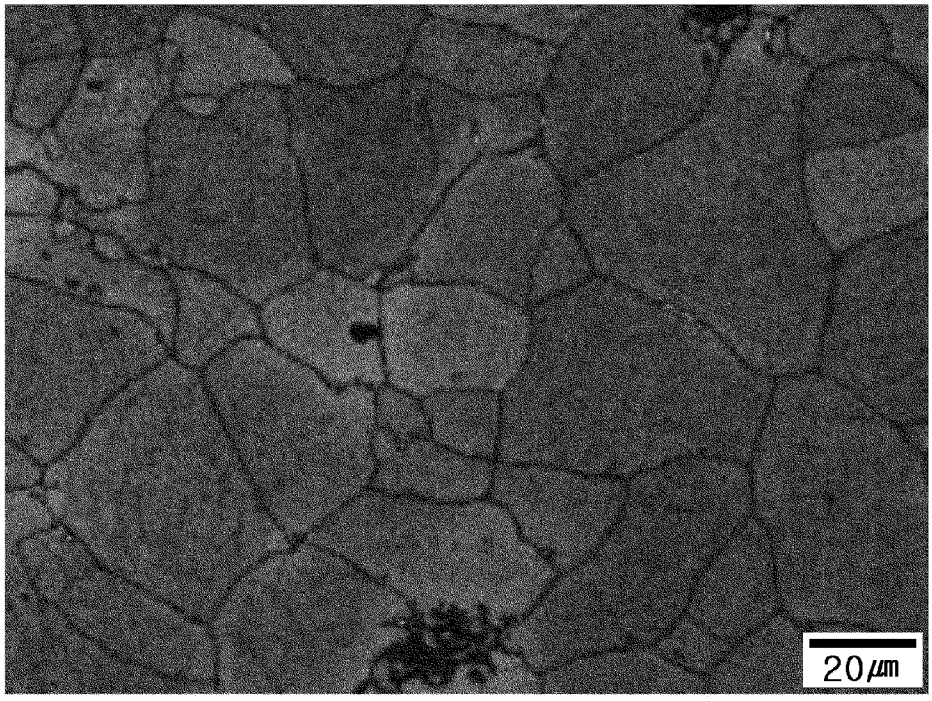
[청구항 6] 제1항에 있어서,
서브머지드 아크 용접으로 상기 열연강판을 용접하여 형성된 용접부에서,
상기 용접부의 -20℃ 기준 샤르피 충격 에너지는 27J 이상이고,
상기 용접부에 포함되는 M-A상의 분율은 5면적% 이하(0% 포함)인, 진공열차 튜브용 열연강판.

[청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 열연강판의 두께는 10mm 이상인, 진공열차 튜브용 열연강판.

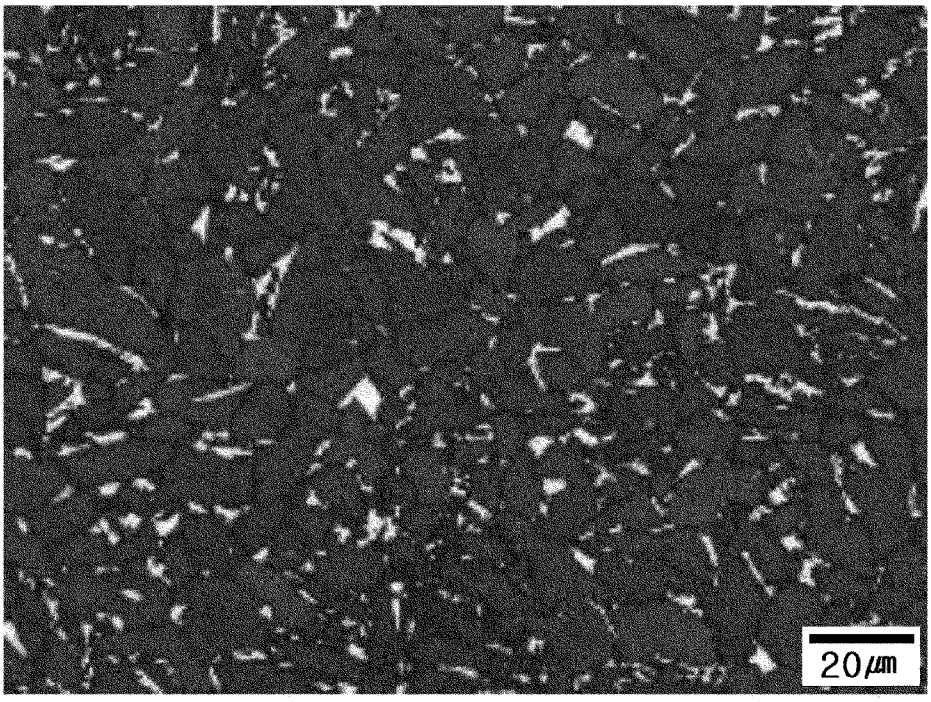
[청구항 8] 중량%로, 탄소(C): 0.03~0.11%, 실리콘(Si): 1.0~2.0%, 망간(Mn): 1.0~2.2%, 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 슬라브를 1100℃ 내지 1300℃의 가열 온도(T_1)에서 가열하는 단계;
상기 가열된 슬라브를 900℃ 내지 1000℃의 마무리 압연온도(T_2)로 열간압연하여 열연강판을 제공하는 단계; 및
상기 열연강판을 600℃ 내지 700℃의 권취온도(T_3)에서 권취하는 단계를 포함하며,
상기 마무리 압연온도(T_2) 및 권취온도(T_3)는 하기의 관계식 4를 만족하는, 진공열차 튜브용 열연강판의 제조방법.
[관계식 4]
$10 \leq -101.9 + 0.103*[T_2] + 0.0339*[T_3] -61.9*[C] - 190.2*[Nb] \leq 20$
상기 관계식 4에서 $[T_1]$, $[T_2]$ 및 $[T_3]$는 각각 슬라브 가열온도(T_1, ℃), 마무리 압연온도(T_2, ℃) 및 권취온도(T_3, ℃)를 의미하며, [C] 및 [Nb]는 각각 상기 열연강판에 포함되는 탄소(C) 및 니오븀(Nb)의 함량(중량%)를 의미한다.

[청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 슬라브에 불가피하게 포함되는 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 및 바나듐(V)의 합량은 0.01% 미만(0% 포함)인, 진공열차 튜브용 열연강판의 제조방법.

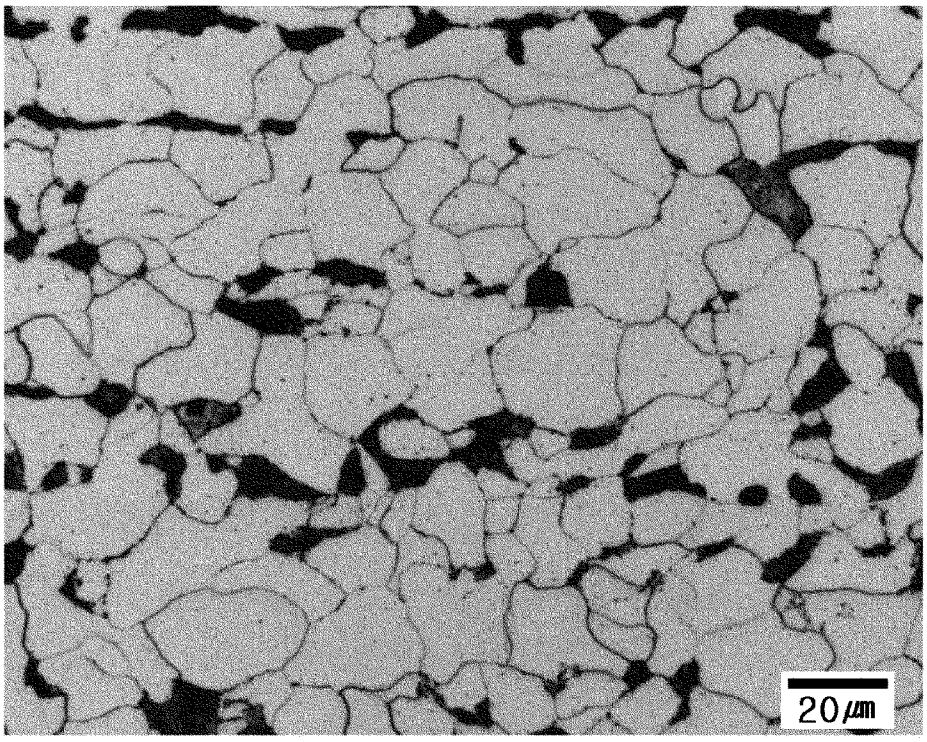
[도1]



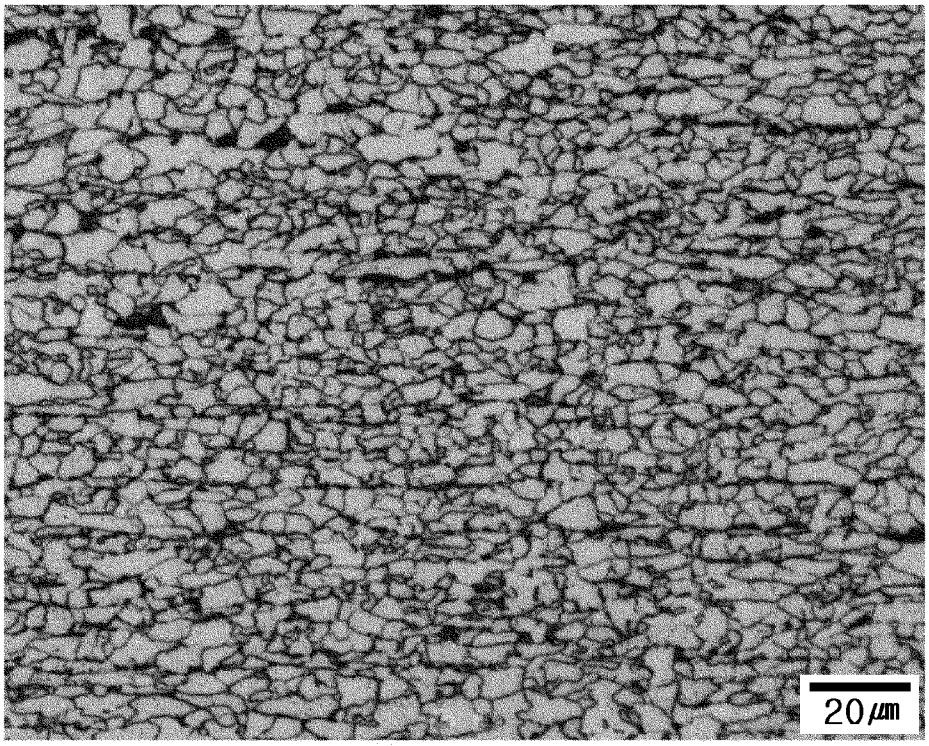
[도2]



[도3]



[도4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2022/012878

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/04(2006.01)i; **C22C 38/02**(2006.01)i; **C22C 38/14**(2006.01)i; **C22C 38/12**(2006.01)i; **C21D 8/02**(2006.01)i; **B21C 47/02**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C 38/04(2006.01); B21B 1/26(2006.01); B21B 3/00(2006.01); C21D 8/02(2006.01); C22C 38/00(2006.01); C22C 38/06(2006.01); C22C 38/54(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 열연강판(hot rolled steel), 튜브(tube), 페라이트(ferrite), 펄라이트(pearlite), 결정립(grain)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2006-124773 A (SUMITOMO METAL IND., LTD.) 18 May 2006 (2006-05-18) See paragraphs [0038]-[0040] and [0043], claims 1-2 and table 3.	1-9
A	JP 2007-291511 A (JFE STEEL K.K.) 08 November 2007 (2007-11-08) See paragraphs [0040]-[0043] and claims 1-5.	1-9
A	CN 105658830 A (KOBE STEEL LTD.) 08 June 2016 (2016-06-08) See claims 1-3.	1-9
A	JP 2016-047956 A (JFE STEEL CORP.) 07 April 2016 (2016-04-07) See paragraphs [0045]-[0052] and claims 1-3.	1-9
A	KR 10-1485237 B1 (JFE STEEL CORPORATION) 22 January 2015 (2015-01-22) See claims 1-2 and 7-9.	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 November 2022	**30 November 2022**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office **Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208**	
Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2022/012878

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2006-124773	A	18 May 2006	JP	4438600	B2	24 March 2010
JP	2007-291511	A	08 November 2007		None		
CN	105658830	A	08 June 2016	CN	105658830	B	11 August 2017
				DE	112014004834	T5	07 July 2016
				JP	2015-081367	A	27 April 2015
				JP	6143355	B2	07 June 2017
				MX	2016005086	A	03 August 2016
				US	2016-0265078	A1	15 September 2016
				WO	2015-060311	A1	30 April 2015
JP	2016-047956	A	07 April 2016	JP	6197767	B2	20 September 2017
KR	10-1485237	B1	22 January 2015	CN	102971443	A	13 March 2013
				CN	102971443	B	25 March 2015
				EP	2589678	A1	08 May 2013
				EP	2589678	B1	05 September 2018
				JP	2012-012623	A	19 January 2012
				JP	5018934	B2	05 September 2012
				KR	10-2013-0021409	A	05 March 2013
				TW	201207126	A	16 February 2012
				TW	I431124	B	21 March 2014
				US	2013-0233453	A1	12 September 2013
				WO	2012-002566	A1	05 January 2012

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2022/012878

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

C22C 38/04(2006.01)i; **C22C 38/02**(2006.01)i; **C22C 38/14**(2006.01)i; **C22C 38/12**(2006.01)i; **C21D 8/02**(2006.01)i; **B21C 47/02**(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

C22C 38/04(2006.01); B21B 1/26(2006.01); B21B 3/00(2006.01); C21D 8/02(2006.01); C22C 38/00(2006.01); C22C 38/06(2006.01); C22C 38/54(2006.01)

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 열연강판(hot rolled steel), 튜브(tube), 페라이트(ferrite), 펄라이트(pearlite), 결정립(grain)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	JP 2006-124773 A (SUMITOMO METAL IND., LTD.) 2006.05.18 단락 [0038]-[0040], [0043], 청구항 1-2 및 표 3	1-9
A	JP 2007-291511 A (JFE STEEL K.K.) 2007.11.08 단락 [0040]-[0043] 및 청구항 1-5	1-9
A	CN 105658830 A (KOBE STEEL LTD.) 2016.06.08 청구항 1-3	1-9
A	JP 2016-047956 A (JFE STEEL CORP.) 2016.04.07 단락 [0045]-[0052] 및 청구항 1-3	1-9
A	KR 10-1485237 B1 (제이에프이 스틸 가부시키가이샤) 2015.01.22 청구항 1-2, 7-9	1-9

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☑ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌
"D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌
"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌
"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌
"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌
"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌
"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌
"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.
"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.
"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2022년11월30일(30.11.2022)	**2022년11월30일(30.11.2022)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 **+82-42-481-8578**

심사관

박태욱

전화번호 **+82-42-481-3405**

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2022/012878

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2006-124773 A	2006/05/18	JP 4438600 B2	2010/03/24
JP 2007-291511 A	2007/11/08	없음	
CN 105658830 A	2016/06/08	CN 105658830 B	2017/08/11
		DE 112014004834 T5	2016/07/07
		JP 2015-081367 A	2015/04/27
		JP 6143355 B2	2017/06/07
		MX 2016005086 A	2016/08/03
		US 2016-0265078 A1	2016/09/15
		WO 2015-060311 A1	2015/04/30
JP 2016-047956 A	2016/04/07	JP 6197767 B2	2017/09/20
KR 10-1485237 B1	2015/01/22	CN 102971443 A	2013/03/13
		CN 102971443 B	2015/03/25
		EP 2589678 A1	2013/05/08
		EP 2589678 B1	2018/09/05
		JP 2012-012623 A	2012/01/19
		JP 5018934 B2	2012/09/05
		KR 10-2013-0021409 A	2013/03/05
		TW 201207126 A	2012/02/16
		TW I431124 B	2014/03/21
		US 2013-0233453 A1	2013/09/12
		WO 2012-002566 A1	2012/01/05