

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 9월 7일 (07.09.2012)



(10) 국제공개번호
WO 2012/118275 A2

- (51) 국제특허분류:
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/44 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2011/010372
- (22) 국제출원일: 2011년 12월 30일 (30.12.2011)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2011-0019104 2011년 3월 3일 (03.03.2011) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **포항 공과대학교 산학협력단 (POSTECH ACADEMY-INDUSTRY FOUNDATION)** [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 효자동 산 31 번지, 790-784 Kyungsangbuk-do (KR). **주식회사 태웅 (TAEWOONG CO., LTD.)** [KR/KR]; 부산광역시 강서구 송정동 1462-1 번지, 618-817 Busan (KR).
- (72) 발명자: **김**
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **이중수 (LEE, Chong Soo)** [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 지곡동 교수아파트 9-1401, 790-751 Gyeongsangbuk-do (KR). **김용우 (KIM, Yong Woo)** [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 효자동 포항공과대학교 대학원아파트 2-403, 790-784 Kyungsangbuk-do (KR). **이정훈 (LEE, Jeong Hun)** [KR/KR]; 경기도 양주시 덕계동 현진에버빌아파트 202-1401, 482-741 Gyeonggi-do (KR). **장희상 (CHANG, Hi Sang)** [KR/KR]; 대구광역시 수성구 두산동 대우트

럼프월드수성아파트 B-2903, 706-939 Daegu (KR). **이진모 (LEE, Jin Mo)** [KR/KR]; 대구광역시 북구 침산 3 동 명성푸르지오아파트 105-2103, 702-914 Daegu (KR). **허욱 (HUH, Wook)** [KR/KR]; 부산광역시 부산진구 전포 3 동 한라비발디 102-1408, 614-043 Busan (KR). **김남용 (KIM, Nam Yong)** [KR/KR]; 부산광역시 중구 영주 2 동 동주파크맨션 가동 512 호, 600-112 Busan (KR).

(74) 대리인: **리앤목특허법인 (Y.P.LEE, MOCK & PARTNERS)**; 서울시 서초구 서초동 1575-1, 137-875 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

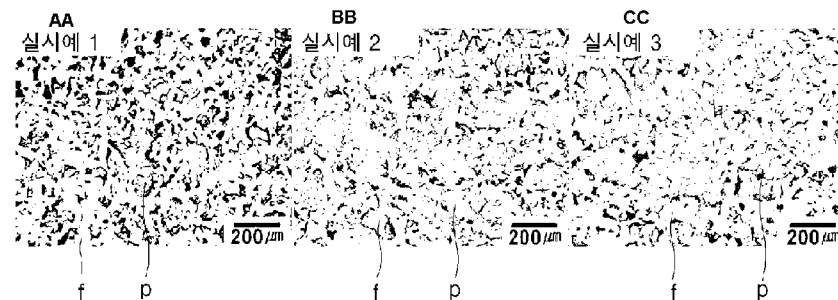
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: ALLOY FOR A TOWER FLANGE

(54) 발명의 명칭: 타워 플랜지용 합금

[Fig. 2]



AA ... Example 1 BB ... Example 2 CC ... Example 3

(57) Abstract: The present invention relates to an alloy for a tower flange. The alloy for a tower flange is made of a ferrite/pearlite multiphase material, and consists of, by weight, 0.15-0.18 wt % of C, 1.2-1.4 wt % of Mn, 0.08-0.1 wt % of Cr, 0.003-0.05 wt % of Mo, 0.01-0.05 wt % of V, 0.01-0.05 wt % of Ni, 0.01-0.05 wt % of Cu, 0.4-0.5 wt % of Si, 0.02 wt % or less of P, 0.015 wt % or less of S, 0.02-0.05 wt % of Al, 0.05 wt % or less of Nb, 0.015 wt % or less of N, 0.01-0.05 wt % of Ti, the remainder being Fe and other unavoidable impurities.

(57) 요약서: 타워 플랜지용 합금을 제공한다. 타워 플랜지용 합금은 C 0.15~0.18wt%, Mn 1.2~1.4wt%, Cr 0.08~0.1wt%, Mo 0.003~0.05wt%, V 0.01~0.05wt%, Ni 0.01~0.05wt%, Cu 0.01~0.05wt%, Si 0.4~0.5wt%, P 0.02wt% 이하, S 0.015wt% 이하, Al 0.02~0.05wt%, Nb 0.05wt% 이하, N 0.015wt% 이하, Ti 0.01~0.05wt%, 잔부가 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 구성되고 페라이트와 펄라이트의 복합조직으로 구성된다.



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 공개:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를
별도 공개함 (규칙 48.2(g))

명세서

발명의 명칭: 타워 플랜지용 합금

기술분야

- [1] 본 발명은 타워 플랜지용 합금에 관한 것으로, 보다 상세하게는 풍력 발전기의 타워 체결 부품으로 이용되는 타워 플랜지용 합금에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 풍력 발전기는 친환경적인 전기 생산 수단으로써 각광받고 있다. 풍력 발전기는 육상 풍력 발전기와 해상 풍력 발전기로 구별할 수 있다. 풍력 발전기는 예측하기 어려운 환경 조건하에서 설치되어 운전되며 20년 이상의 신뢰성이 보장되어야 한다.
- [3] 풍력 발전기는 타워, 타워 플랜지(tower flange), 베어링, 메인 샤프트 등의 부품을 포함한다. 타워 체결 부품으로 이용되는 타워 플랜지는 해상이나 극한 지방에서도 설치되지 때문에 고강도, 고인성 및 고내식성을 가져야 한다.
- [4] 특히, 해상 풍력 발전 설비는 육상 풍력 발전기에 비하여 극한 환경, 즉 해상에서 설치되기 때문에 타워 플랜지의 고강도, 고인성 및 고내식성이 더 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 극한 환경에서도 이용할 수 있게 고강도, 고인성 및 고내식성을 갖는 타워 플랜지용 합금을 제공하는데 있다.

과제 해결 수단

- [6] 상술한 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 타워 플랜지용 합금은 C 0.15~0.18wt%, Mn 1.2~1.4wt%, Cr 0.08~0.1wt%, Mo 0.003~0.05wt%, V 0.01~0.05wt%, Ni 0.01~0.05wt%, Cu 0.01~0.05wt%, Si 0.4~0.5wt%, P 0.02wt% 이하, S 0.015wt% 이하, Al 0.02~0.05wt%, Nb 0.05wt% 이하, N 0.015wt% 이하, Ti 0.01~0.05wt%, 잔부가 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 구성되고 페라이트와 펄라이트의 복합조직으로 구성된다.
- [7] 본 발명의 일 실시예에 의한 타워 플랜지용 합금은 합금 조성물에 W 0.1~0.15wt%이 더 포함되어 있을 수 있다.

발명의 효과

- [8] 본 발명은 고강도, 고인성과 더불어 우수한 내식성이 확보되는 풍력 발전용 타워 플랜지용 합금을 제공한다. 이러한 타워 플랜지용 합금은 부식 저항성이 높아 해상과 극지방과 같은 극한 환경에서의 해상 풍력기에 사용할 때 보다 우수한 신뢰성과 안전성을 확보할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [9] 도 1은 본 발명이 이용될 수 있는 풍력 발전기의 개략적인 구성도의 일 예이다.

[10] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 타워 플랜지용 합금의 미세 조직을 도시한 도면이다.

[11] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 타워 플랜지용 합금의 부식 실험 결과를 도시한 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

[12] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다. 본 발명의 실시예는 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.

[13] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[14] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다.

[15] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[16] 풍력 발전기는 대형의 풍력터빈 로터 블레이드들을 수용하고, 바람 경로 내에 로터 블레이드들을 전략적으로 배치하도록 상당한 높이까지 연장하는 큰 구조체이다.

[17] 이러한 풍력 발전기의 타워(Tower)는 강 파이프식 원뿔 형태의 모양으로 20 내지 30m 단위로 용접을 통해 부분 제작되며, 각 부분은 타워 플랜지와 볼트로 연결하여 길이 방향으로 늘려 나가는 방식으로 설치된다.

[18] 이 구조는 대형 풍력발전기에 적합한 형태로 알려져 있으며, 타워의 제작에 사용되는 타워 플랜지(Tower Flange)는 풍력 발전기의 핵심 부품중의 하나이다.

[19] 도 1은 본 발명이 이용될 수 있는 풍력 발전기의 개략적인 구성도의 일 예이다.

[20] 구체적으로, 본 발명에 이용될 수 있는 풍력 발전기는 약 80m의 높이의 전형적인 타워(20)를 포함한다. 풍력 발전기는 풍력터빈(16)을 지지하기 위한 구조체로 다수개의 링형상 관형 세그먼트(14)가 각각 상하로 적층되어 용접되고, 그 상단 및 하단부에는 타워 플랜지(10)가 결합되어 관형 구조체를 형성한다.

[21] 다시 말해, 도 1은 25m 2개의 관형구조체와 30m 1개의 관형구조체가 적층되어 80m의 풍력 발전기의 타워를 구성한 것이다. 여기서 관형구조체는 개별적인

- 길이와 수 그리고 적용 및 전체구조체의 높이에 따라서 다양하게 변화될 수 있으며, 타워는 원통형 또는 원추형일 수 있다.
- [22] 상술한 관형 구조체는 각각 타워 플랜지(10)에 형성된 볼트구멍(12)을 통해 각각 볼트-너트 체결되어 전체의 구조체를 완성하게 된다. 예를 들어, 높은 풍력조건에는 약 50m의 타워 높이가 채택되고, 낮은 풍력 조건에는 약 110m의 타워 높이가 채택될 수 있다.
- [23] 타워 플랜지(10)는 풍력 발전기의 핵심 부품중의 하나로써, 보통 직경이 3000mm 내지 6000mm 대형 단조품이다. 타워 플랜지(10)는 해상이나 극한 지방에서도 설치되지 때문에 고강도, 고인성 및 고내식성을 가져야 하며, 이에 따라 본 발명자들이 타워 플랜지용 합금을 개발하였다.
- [24] 본 발명의 일 실시예에 따른 타워 플랜지용 합금은 육상 풍력 발전기나 해상 풍력 발전기에 사용될 수 있다.
- [25] 특히, 본 발명의 일 실시예에 따른 타워 플랜지용 합금은 고강도, 고인성과 더불어 우수한 내식성을 가져 해상과 극한 환경에 설치되는 해상 풍력 발전기에 더 유용하게 사용될 수 있다.
- [26] 본 발명의 일 실시예에 따른 타워 플랜지용 합금은 C 0.15~0.18wt%, Mn 1.2~1.4wt%, Cr 0.08~0.1wt%, Mo 0.003~0.05wt%, V 0.01~0.05wt%, Ni 0.01~0.05wt%, Cu 0.01~0.05wt%, Si 0.4~0.5wt%, P 0.02wt% 이하, S 0.015wt% 이하, Al 0.02~0.05wt%, Nb 0.05wt% 이하, N 0.015wt% 이하, Ti 0.01~0.05wt%, 잔부가 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 구성되고 페라이트와 펄라이트의 복합조직으로 구성될 수 있다.
- [27] 본 발명의 일 실시예에 따른 타워 플랜지용 합금은 상술한 합금 조성물에 W 0.1~0.15wt%이 더 포함되어 있을 수 있다.
- [28] 상술한 타워 플랜지용 합금에서 C는 0.15~0.18wt%을 포함한다. C는 강도향상이 목적이며 Ti, Nb, V와 TiC, NbC, VC의 석출물을 형성하여 페라이트를 미세화하고 균일화시킬 수 있다. C는 함량이 0.15wt% 미만으로 첨가되면 펄라이트 확보가 어렵고, 0.18wt%를 초과하여 첨가되면 용접성이 저하되고 연성 및 스트레치-플랜지성이 저하되며, 페라이트와 펄라이트 이상(dual phase)의 확보가 어렵다.
- [29] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Mn은 1.2~1.4wt%을 포함한다. Mn은 강도향상과 함께 첨가된 S를 MnS로 석출하여 S에 의한 크랙발생을 방지할 수 있다. 망간은 1.2wt% 미만에서는 효과가 미비하며, 1.4wt%를 초과하여 첨가되면 용접성과 가공성을 저하시킬 수 있다.
- [30] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Cr과 Mo를 포함한다. Cr 및 Mo의 제한적인 합금 조성은 용접성에 영향을 미치는 탄소 당량을 낮추기 위한 것이다. 탄소 당량은 일종의 경험적 수치이며 강재의 성분량과 이것이 경화성에 미치는 영향력을 수치로 표현한 것들을 합하여 구한 값이다. 탄소 당량은 전체 합금에 대한 각 합금 원소의 효과, 즉 조직이나 기계적 성질을 탄소의 그것을 1로

하였을때의 비율을 경험적으로 구하고 그 비율에 의하여 각 합금 원소량으로 탄소량을 환산한 것이다. 탄소 당량은 다음의 수학적 식 1로 나타낼 수 있다.

[31] 수학적 식 1

$$Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

[32] 본 발명의 일 실시예에 의한 타워 플랜지용 합금은 0.43 이하의 탄소 당량값을 만족시켜 고인성과 고강도를 유지하되 용접성에 문제가 없도록 하였다.

[33] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Cr은 오스테나이트 결정립 성장을 억제하며 조밀한 펄라이트를 생성함으로써 강도를 증가시키며 부식 및 산화 저항성을 향상시킨다.

[34] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Cr은 0.08~0.1wt%을 포함한다. Cr은 오스테나이트 결정립의 조대화를 방지하고 미세한 펄라이트를 생성시킴으로써 강도와 경화능 및 내부식성을 향상시킨다. 0.08wt% 미만이면 그 효과가 미비하며 0.1wt% 초과시 용접성을 저해하게 된다.

[35] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Mo는 결정립계 강도를 증가시키며 펄라이트와 시멘타이트의 형성을 지연시킴으로써 연성과 인성을 동시에 향상시키는 역할을 한다. 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Mo가 0.003~0.05wt%로 포함된다. Mo는 펄라이트와 시멘타이트의 생성을 지연시키고 결정립계 강도를 증가시켜 연성과 강도, 내부식성 향상에 기여한다. 0.003wt% 미만시 효과가 미비하며, 0.05wt% 초과시 용접성을 저해할 수 있다.

[36] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, V은 0.01~0.05wt%을 포함한다. V는 열간압연시 C, N과 결합하여 탄질화물을 형성하며 강도를 높일 수 있다. V는 0.01wt%미만이면 탄질화물 형성이 충분치 않아 효과가 미비하며, 0.05wt% 초과시 조대한 탄질화물 형성으로 강도 저하가 발생할 수 있다.

[37] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Ni은 0.01~0.05wt%을 포함한다. Ni은 Cu과다함량시 발생하는 열간 크랙을 방지하며, 경험적으로 Cu의 2배량을 첨가할 수 있다. 과다 첨가시에는 용접성이 저하될 수 있다.

[38] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Cu는 0.01~0.05wt%을 포함한다. Cu는 첨가량이 0.01wt% 미만이면 수소지연파괴에 대한 효과가 미비하며, 0.05wt%를 초과하면 열간가공시 발생하는 열간 가공성을 저하시키는 열취성(hot shortness)가 발생할 수 있고 열간압연중 강판 표면에 Cu가 농축되어 산세 스케일 제거가 어려울 수 있다.

[39] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Si가 포함된다. Si는 고용강화를 통해 강도를 증가시킴으로써 Cr과 Mo의 제한으로 발생한 강도 저하 가능성을 탄소당량을 증가시키지 않으면서 회복시키고, 부식 저항성 향상에도 도움이 된다.

[40] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Si은 0.4~0.5wt%을 포함한다. Si는 고용강화에 의한 강판의 경화능을 향상시킬 수 있으며, 0.5wt%를 초과하거나 0.4wt%미만일 경우 효과가 크지 않을 수 있다.

- [41] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, P는 0.02wt%이하로 포함된다. P는 강도 확보에 기여할 수 있고, 0.02wt%를 초과하면 용접성이 저하될 수 있고 가공취성을 발생시킬 수 있다.
- [42] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, S는 0.015wt%이하로 포함된다. S는 CuS, MnS을 생성하여 강도 향상에 기여하는 측면이 있으나 0.015wt%를 초과할 경우, 조대한 유화물계 개재물이 크랙의 발생원인이 될 수 있고 물성을 저하시킬 수 있다.
- [43] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Al은 0.02~0.05wt%을 포함한다. Al은 탈산 및 입도 미세화를 위하여 첨가될 수 있으며, 0.02wt% 미만이면 효과가 미미하고 0.05wt%를 초과하면 가공성과 강도를 저해하는 요인이 될 수 있다.
- [44] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Nb는 0.05wt%이하로 포함된다. Nb는 열간압연시 C, N과 결합하여 탄질화물을 형성할 수 있다. 탄질화물은 결정립 성장을 억제하여 결정립을 미세화시키므로 인성향상 및 열간압연과 냉각 후의 석출강화 효과를 가져올 수 있다. 0.05wt%를 초과하면 연성을 감소시키고 미세화 효과보다 고용이 증가하여 강도 증가가 미미할 수 있다.
- [45] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, N은 0.015wt%이하를 포함한다. N이 0.015wt%를 초과하면 질화물이 생성되어 석출될 수 있고, 연성의 열화를 일으켜 연성에 부정적 영향을 줄 수 있다.
- [46] 상술한 타워 플랜지용 합금에서, Ti는 0.01~0.05wt%을 포함한다. Ti는 열간압연시 C, N과 결합하여 탄질화물을 형성함으로써 강도를 향상시킬 수 있다. 0.01wt%미만이면 미세하게 분산된 탄질화물의 양이 충분하지 않을 수 있고, 0.05wt%를 초과하면 탄질화물이 조대해져 강도 저하가 발생할 수 있다.
- [47] 본 발명의 일 실시예에 의한 타워 플랜지용 합금에서, W가 0.01~0.15wt%로 더 포함될 수 있다. W는 강의 내식성 향상에 효과적이다. 0.1wt% 미만이면 내식성 향상 효과가 미비하며, 0.15wt% 초과시 용접성이 저하된다.
- [48] 본 발명의 일 실시예에 의한 타워 플랜지용 합금에서, W는 경정립계 강화와 부식 저항성을 동시에 만족시킴으로써 내식성 향상에 가장 중요한 역할을 한다. 합금 조성을 갖는 강재를 1230°C에서 열간 단조를 실시하고 880°C에서 노멀라이징한 후 공냉시켜 페라이트와 펄라이트 조직을 갖게 한다.
- [49] 다음에, 본 발명의 실시예에 의한 타워 플랜지용 합금과 비교예의 타워 플랜지용 합금의 성질을 비교한다. 조성의 일 실시예들 및 성질 비교를 각각 표 1 및 표 2에 도시하였다.
- [50] 특히, 본 발명의 타워 플랜지용 합금과 관련하여 앞서 설명한 조성 범위에서 일 예의 조성으로써 실시예 1, 실시예 2, 및 실시예 3을 이용하여 설명한다.
- [51] 표 1

[Table 1]

구분	C	Mn	Cr	Mo	V	Ni	Cu	Si	P	S	Al	Nb	N	Ti	W
비교예	0.17	1.2	-	0.003	0.01	0.003	0.02	0.5	0.015	0.01	0.04	0.02	0.006	0.02	-
실시예 1	0.17	1.2	0.1	0.003	0.01	0.03	0.02	0.5	0.015	0.01	0.04	0.02	0.006	0.02	-
실시예 2	0.17	1.2	0.1	0.003	0.01	0.03	0.02	0.5	0.015	0.01	0.04	0.02	0.006	0.02	0.1
실시예 3	0.17	1.2	0.1	0.05	0.01	0.03	0.02	0.5	0.015	0.01	0.04	0.02	0.006	0.02	0.1

[52] 표 2

[Table 2]

구분	항복강도(MPa)	인장강도(MPa)	연신율(%)
비교예	337	489	29
실시예 1	382	592	29
실시예 2	429	633	25
실시예 3	362	575	32

[53] 본 발명의 실시예들에 의한 타워 플랜지용 합금은 앞서 설명한 바와 같이 Cr, Mo가 첨가되어 있다. 본 발명의 실시예 1에 의한 타워 플랜지용 합금은 실시예 2와 실시예 3과 비교할 때 W가 첨가되지 않았다. 특히 본 발명의 실시예 3에 의한 타워 플랜지용 합금은 실시예 2와 비교할 때 Mo 함량이 증가되었다.

[54] 표 2에 의하면, 본 발명의 실시예 1, 2, 3에 의한 타워 플랜지용 합금은 비교예보다 항복강도 및 인장강도가 향상되었음을 확인할 수 있었다. 본 발명의 실시예 1, 3에 의한 타워 플랜지용 합금은 비교예와 비교할 때 연신율 또한 동일하게 유지되거나 다소 증가되어 인성이 향상됨을 알 수 있다.

[55] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 타워 플랜지용 합금의 미세 조직을 도시한 도면이다.

[56] 구체적으로, 도 2는 실시예의 광학 현미경 미세 조직 사진이다. 본 발명의 실시예 1, 2, 3에 의한 타워 플랜지용 합금 모두에서 페라이트(ferrite, f)와 펄라이트(pearlite, P)의 이상으로 된 합금조직이 관찰된다. W를 첨가한 본 발명의 실시예 2에서 펄라이트가 상대적으로 조대하고 상분율이 높게 나타나 표 2에서와 같이 경한 펄라이트(P)에 의해 강도가 증가하고 연신율이 낮아졌음을 확인할 수 있다. 또한, 실시예 3에서 페라이트(f)의 높은 분율로 인해 항복강도와

인장강도는 감소하였지만 높은 연신율이 확보되어 인성이 향상됨을 알 수 있다. 실시예 3에서는 펄라이트(p) 조직이 대체적으로 미세하고 고르게 분포되었음을 확인할 수 있다.

[57] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 타워 플랜지용 합금의 부식 실험 결과를 도시한 도면이다.

[58] 구체적으로, 도 3은 내식성의 향상을 확인하기 위해 수행한 부식실험의 결과이다. X축은 전류 밀도이며, Y축은 포화 칼로멜 전극(saturated calomel electrode)에 대한 전위값이다. 좌측 상단으로 갈수록 좋은 부식 저항성을 나타낸다.

[59] 도 3에 보듯이, 실시예 3, 실시예 2 및 실시예 1의 순서로 내식성이 우수함을 알 수 있다. 도 3에 보듯이, Mo와 W를 첨가한 실시예 3에서 부식 전위가 높음을 알 수 있고, 동일 전위에서 전류 밀도가 감소하여 내식성이 향상되었음을 확인할 수 있다.

산업상 이용가능성

[60] 타워 플랜지용 합금에 이용될 수 있다. 보다 상세하게는 풍력 발전기의 타워 체결 부품으로 이용되는 타워 플랜지용 합금에 이용될 수 있다.

[61]

청구범위

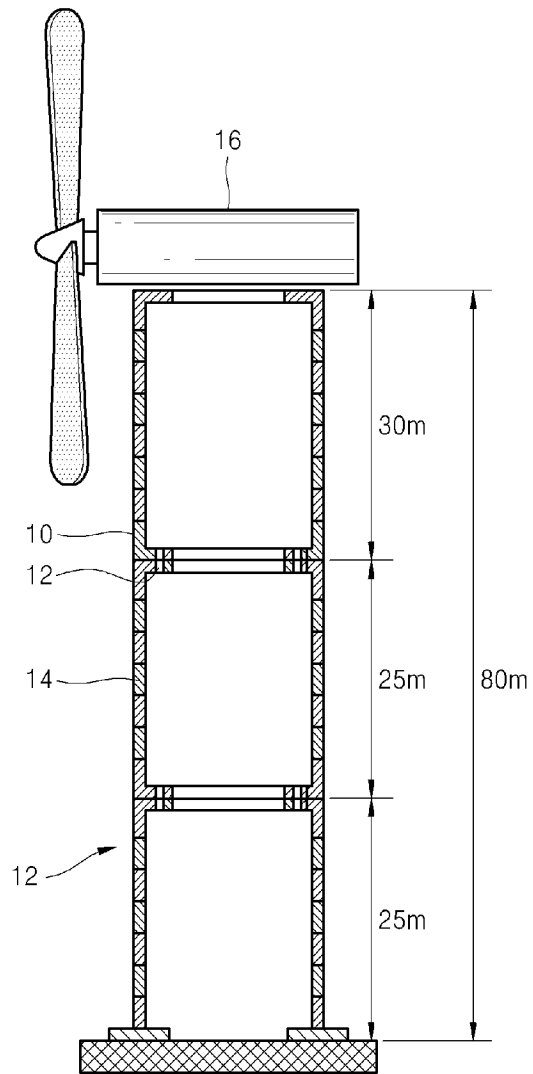
[청구항 1]

C 0.15~0.18wt%, Mn 1.2~1.4wt%, Cr 0.08~0.1wt%, Mo 0.003~0.05wt%, V 0.01~0.05wt%, Ni 0.01~0.05wt%, Cu 0.01~0.05wt%, Si 0.4~0.5wt%, P 0.02wt% 이하, S 0.015wt% 이하, Al 0.02~0.05wt%, Nb 0.05wt% 이하, N 0.015wt% 이하, Ti 0.01~0.05wt%, 잔부가 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 구성되고 페라이트와 펄라이트의 복합조직으로 구성되어 있는 타워 플랜지용 합금.

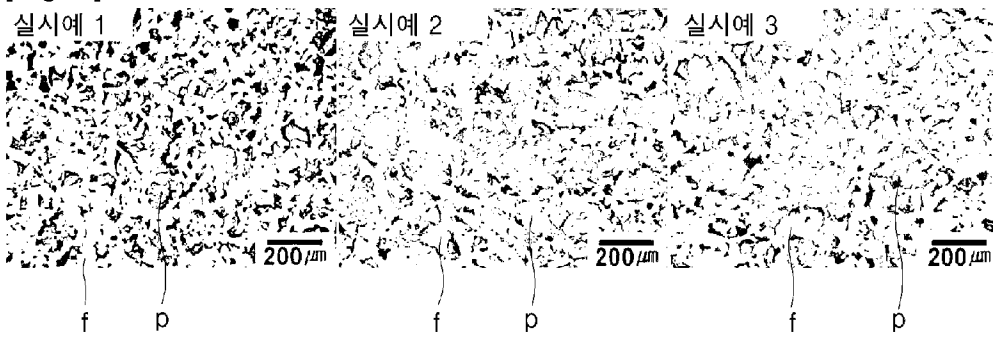
[청구항 2]

제1항에 있어서, 상기 합금 조성물에 W 0.1~0.15wt%이 더 포함되어 있는 것을 특징으로 하는 타워 플랜지용 합금.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

