



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0093666
(43) 공개일자 2020년08월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 35/30 (2006.01) B23K 35/02 (2006.01)
B23K 35/368 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 35/308 (2013.01)
B23K 35/0266 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7020132
(22) 출원일자(국제) 2019년01월16일
심사청구일자 2020년07월13일
(85) 번역문제출일자 2020년07월13일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2019/001147
(87) 국제공개번호 WO 2019/142835
국제공개일자 2019년07월25일
(30) 우선권주장
JP-P-2018-005013 2018년01월16일 일본(JP)

(71) 출원인
가부시킴가이사 고베 세이코쇼
일본 효고켄 고베시 주오구 와키노하마 가이간도
오리 2초메 2방 4고
(72) 발명자
무라니시 요시마사
일본 가나가와켄 후지사와시 미야마에 100-1 가부
시킴가이사 고베 세이코쇼 후지사와 공장 내
(74) 대리인
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 가스 실드 아크 용접용 플렉스 코어드 와이어

(57) 요약

본 발명은 PWHT 후에 있어서의 강도 및 인성이 우수하고, 내SR균열성도 우수한 용접 금속을 얻을 수 있고, 더욱이 용접 작업성도 우수한 플렉스 코어드 와이어를 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명은 와이어 전체 질량당의 Fe, TiO₂, Mn, Cr, Mo, Si, Mg, 불화물, C, V, Nb, 및 B의 함유량이 소정의 범위로 제한되고, 와이어 전체 질량당의 Mn, C 및 V의 함유량이, $28 \times \text{Mn} / (390 \times \text{C} + 2370 \times \text{V}) \geq 0.82$ 의 관계를 만족하는 가스 실드 아크 용접용 플렉스 코어드 와이어에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류
B23K 35/368 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

와이어 전체 질량당

Fe: 78질량% 이상,

TiO₂: 4~13질량%,

Mn: 1.0~2.4질량%,

Cr: 1.0~3.0질량%,

Mo: 0.2~1.2질량%,

Si: 0.1~0.8질량%,

Mg: 0.1~1.0질량%,

불화물(F 환산치): 0.05~0.25질량%,

C: 0.01~0.10질량%,

V: 0.003~0.020질량%,

Nb: 0.003~0.020질량%, 및

B: 100ppm 미만(0ppm을 포함한다)을 함유하고,

와이어 전체 질량당의 Mn, C 및 V의 함유량이, $28 \times \text{Mn} / (390 \times \text{C} + 2370 \times \text{V}) \geq 0.82$ 의 관계를 만족하는 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

와이어 전체 질량당의 TiO₂, Mg, Nb 및 V의 함유량이, $0.018 \times \text{TiO}_2 \times \text{Mg} + 2 \times (\text{Nb} + \text{V}) \leq 0.12$ 의 관계를 만족하는 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

와이어 전체 질량당의 P, S 및 N 중 적어도 어느 하나의 함유량이 0.02질량% 이하(0%를 포함한다)인 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

와이어 전체 질량당의 Na 및 K 중 적어도 어느 하나의 함유량이 0.01~0.20질량%인 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은, 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 가스 실드 아크 용접용 와이어에는, 솔리드 와이어와 플럭스 코어드 와이어가 있다. 플럭스 코어드 와이어는, 솔리드 와이어와 비교하여 스패터가 적은 것, 비드 외관 및 비드 형상이 양호한 것, 더욱이 하향 자세뿐만 아니라 입향 및 상향 자세에 있어서도 용접 작업성이 양호하다고 하는 여러 가지 장점을 갖고 있다. 이 때문에, 저합금 내열강의 분야에 있어서도 플럭스 코어드 와이어의 적용이 진행되고 있다.
- [0003] 저합금 내열강이 사용되는 용접 구조물은, 고온 고압에서 사용되기 때문에, 저합금 내열강의 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어에 대해서는, 그와 같은 사용 환경에 대응할 수 있는 제 특성이 요구된다. 더욱이, 저합금 내열강의 용접부는, 용접부의 용접 잔류 응력 및 잔류 수소의 제거, 및 기계적 성질의 개선 등을 목적으로 하여, 통상, 용접부에 대해서 어떤 용접후 열처리(용접열 영향부의 연화, 용접부의 인성 개선 및 용접 잔류 응력의 제거를 목적으로 행해지는 열처리: 이하, PWHT라고 한다.)가 실시된다. 따라서, 이와 같은 목적으로 실시되는 PWHT에 수반하는 용접부의 성능 열화를 방지할 수 있는 성능을 갖는 저합금 내열강의 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어가 요구된다.
- [0004] 그렇지만, 종래의 저합금 내열강의 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어를 사용했을 경우에는, 장시간, 고온의 PWHT를 행했을 때에, 기계적 성능이 열화되는 경우가 있다.
- [0005] 이와 같은 과제에 대해서, 예를 들면 특허문헌 1에 있어서, 강제 외피에 플럭스를 충전하여 이루어지는 저합금 내열강용 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어에 있어서, 와이어 전체 질량당, C: 0.20질량% 이하, Si: 0.06 내지 1.10질량%, Mn: 0.55 내지 1.60질량%, Cr: 2.60질량% 이하, Mo: 0.30 내지 1.50질량%, Mg: 0.20 내지 1.50질량%, N: 0.005 내지 0.035질량% 및 B: 0.001 내지 0.020질량%를 함유하고, 상기 플럭스 중에 와이어 전체 질량당, TiO_2 : 4.2 내지 8.2질량% 및 불소 화합물(단, F로 환산한 값): 0.025 내지 0.55질량%를 함유하고, 더욱이, 와이어 전체 질량당, Al이 0.50질량% 이하, Nb가 0.015질량% 이하, V가 0.015질량% 이하로 규제되어 있는 것을 특징으로 하는 저합금 내열강용 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어가 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 일본 특허공개 2004-058086호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 그렇지만, 특허문헌 1에 있어서 개시되는 플럭스 코어드 와이어는 B를 0.001 내지 0.020질량% 함유하는 것이고, 이와 같은 플럭스 코어드 와이어를 이용하여 얻어진 용접 금속에 대해서 PWHT를 행하면, 용접 금속 중에 입계 균열(재열 균열, SR(Stress Relief, 응력 제거 소둔(燒鈍)) 균열 등으로 불린다. 이하, SR 균열이라고 한다)이 발생할 우려가 있다.
- [0008] 본 발명은, 상기에 비추어 이루어진 것으로, PWHT 후에 있어서의 강도 및 인성이 우수하고, 내SR균열성도 우수한 용접 금속을 얻을 수 있고, 더욱이 용접 작업성도 우수한 플럭스 코어드 와이어를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명자들은, 상기 과제를 해결하기 위해, 예의 검토를 거듭했다. 그 결과, 플럭스 코어드 와이어의 조성이 특정의 조건을 만족시키도록 함으로써, 상기 과제를 해결할 수 있음을 발견했다. 본 발명은, 이 지견에 기초하여 이루어진 것이다.
- [0010] 즉, 본 실시형태의 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어는, 와이어 전체 질량당 Fe: 78질량% 이상, TiO_2 : 4~13질량%, Mn: 1.0~2.4질량%, Cr: 1.0~3.0질량%, Mo: 0.2~1.2질량%, Si: 0.1~0.8질량%, Mg: 0.1~1.0질량%, 불화물(F 환산치): 0.05~0.25질량%, C: 0.01~0.10질량%, V: 0.003~0.020질량%, Nb: 0.003~0.020질량%, 및 B: 100ppm 미만(0ppm을 포함한다)을 함유하고, 와이어 전체 질량당의 Mn, C 및 V의 함유량이, $28 \times$

$Mn/(390 \times C + 2370 \times V) \geq 0.82$ 의 관계를 만족한다.

[0011] 상기 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어는, 와이어 전체 질량당의 TiO_2 , Mg, Nb 및 V의 함유량이, $0.018 \times TiO_2 \times Mg + 2 \times (Nb + V) \leq 0.12$ 의 관계를 만족해도 된다.

[0012] 상기 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어는, 와이어 전체 질량당의 P, S 및 N 중 적어도 어느 하나의 함유량이 0.02질량% 이하(0%를 포함한다)여도 된다.

[0013] 상기 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어는, 와이어 전체 질량당의 Na 및 K 중 적어도 어느 하나의 함유량이 0.01~0.20질량%여도 된다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 플럭스 코어드 와이어에 의하면, PWHT 후에 있어서의 강도 및 인성이 우수하고, 내SR균열성도 우수한 용접 금속을 얻을 수 있고, 더욱이 용접 작업성도 우수하다.

도면의 간단한 설명

[0015] [도 1a] 내SR균열성의 평가에 이용한 원통형 시험편의 채취 위치를 나타내는 단면도이다.

[도 1b] 내SR균열성의 평가에 이용한 원통형 시험편의 형상을 나타내는 단면도이다.

[도 1c] 도 1a 및 도 1b의 원통형 시험편을 설명하기 위한 도면이다.

[도 1d] 원통형 시험편을 사용한 링 균열 시험을 나타내는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명을 실시하기 위한 형태에 대해, 상세하게 설명한다. 한편, 본 발명은, 이하에 설명하는 실시형태로 한정되는 것은 아니다.

[0017] [플럭스 코어드 와이어의 성분 조성]

[0018] 이하에, 실시형태의 가스 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어(이하, 간단히 「와이어」라고도 한다)의 성분 조성의 한정 이유에 대해 설명한다. 한편, 본 실시형태의 와이어의 성분의 함유량은, 모두 와이어 전체 질량당의 함유량이다.

[0019] 「 TiO_2 함유량: 4~13질량%」

[0020] TiO_2 는 슬래그 형성제의 주요 성분이며, 또한 아크 안정제로서 작용한다. 더욱이, 와이어가 N을 함유하는 경우, TiO_2 의 일부가 Si, Mn 및 Mg, 및 불화물에 의해 환원되어 생성된 Ti가, N과 결합하여 TiN이 되어 용접 금속 중에 석출되어, 페라이트 밴드의 형성의 억제에 극히 유효하게 작용한다. TiO_2 는 슬래그 형성제의 주요 성분이며, 또한, 상기 TiO_2 의 일부의 환원 반응은, 아크 중의 고온 분위기하에 있어서 행해지기 쉬워, TiO_2 를 플럭스에 함유시킴으로써 당해 환원 반응을 촉진시킬 수 있기 때문에, TiO_2 는 플럭스에 함유시킨다.

[0021] TiO_2 의 함유량이 과소하면 아크의 안정성이 손상되어, 용접 작업성이 실용에 견딜 수 없게 되는 데다가, 환원 생성되는 Ti의 양이 적어지므로, TiN의 석출량도 적어져, 페라이트 밴드의 형성 억제 효과가 불충분해진다. 따라서, TiO_2 의 함유량은 4질량% 이상, 바람직하게는 4.5질량% 이상, 보다 바람직하게는 5.0질량% 이상으로 한다.

[0022] 한편, TiO_2 함유량이 과다하면, 슬래그의 점성이 극히 커져, 슬래그 권입 등의 용접 결함의 원인이 되는 데다가, 슬래그 권입에 의해 용접 금속의 산소량이 증가하여 인성이 열화된다. 따라서, TiO_2 의 함유량은 13질량% 이하, 바람직하게는 12질량% 이하, 보다 바람직하게는 11질량% 이하로 한다.

[0023] 「Mn 함유량: 1.0~2.4질량%」

[0024] Mn은 용접 금속의 탈산제로서 작용함과 함께, 용접 금속의 소입성(燒入性)을 높여, 인장 강도 및 인성을 향상시키는 효과 등을 갖는다. 또한, TiO_2 의 환원 반응을 촉진하는 효과를 갖는다. 이들 효과를 얻기 위해서, 강제

외피 또는 플럭스의 어느 한쪽 또는 양쪽에 Mn을 함유시킨다.

- [0025] Mn의 함유량이 과소하면 충분한 탈산 효과가 얻어지지 않고, 블로홀이 발생하기 쉬워지는 데다가, 충분한 인장 강도가 얻어지지 않는다. 더욱이, TiO_2 의 환원 작용이 부족하여, 페라이트 밴드의 형성 억제에 기여하는 TiN의 양을 확보할 수 없다. 따라서, Mn의 함유량은 1.0질량% 이상, 바람직하게는 1.1질량% 이상, 보다 바람직하게는 1.2질량% 이상으로 한다.
- [0026] 한편, Mn의 함유량이 과다하면, 용융된 용접 금속의 유동성이 과도하게 커져, 입향 및 상향 용접 자세에서의 비드 형상이 현저하게 열화된다. 또한, 용접 금속의 인장 강도가 과도하게 커지는 데다가, TiO_2 의 환원량이 과잉이 되어, 고용 Ti의 양이 증가하여 인성이 열화된다. 따라서, Mn의 함유량은 2.4질량% 이하, 바람직하게는 2.3질량% 이하, 보다 바람직하게는 2.2질량% 이하로 한다.
- [0027] 이상의 목적을 위해서, Mn을 플럭스에 함유시키는 경우는, 금속 Mn, Fe-Mn 또는 Fe-Si-Mn 등의 금속 단체 또는 합금류를 사용할 수 있다. 여기에서, 본 실시형태에 있어서, Mn의 함유량이란, 와이어 중에 포함되는 전체 Mn 원소량을 의미하고 있다.
- [0028] 「Cr 함유량: 1.0~3.0질량%」
- [0029] Cr은 저합금 내열강의 주요 성분이며, 용접 금속의 인장 강도를 향상시키는 효과 등을 갖는다. 이 효과를 얻기 위해서, Cr을 강제 외피 또는 플럭스의 어느 한쪽 또는 양쪽에 함유시킨다.
- [0030] Cr의 함유량이 과소하면, 상기 효과를 충분히 얻을 수 없다. 따라서, Cr의 함유량은 1.0질량% 이상, 바람직하게는 1.05질량% 이상, 보다 바람직하게는 1.10질량% 이상으로 한다.
- [0031] 한편, Cr의 함유량이 과다하면, 인장 강도가 과도하게 커져, 인성이 저하된다. 따라서, Cr의 함유량은 3.0질량% 이하, 바람직하게는 2.9질량% 이하, 보다 바람직하게는 2.8질량% 이하로 한다.
- [0032] 여기에서, 본 실시형태에 있어서, Cr의 함유량이란, 와이어 중에 포함되는 전체 Cr 원소량을 의미하고 있다.
- [0033] 「Mo 함유량: 0.2~1.2질량%」
- [0034] Mo는 Cr과 마찬가지로, 저합금 내열강의 주요 성분이며, 용접 금속의 인장 강도를 향상시키는 효과 등을 갖는다. Mo는 특히 용접 금속의 소려(燒戻) 연화 저항을 높여 PWHT에 의한 인장 강도 저하를 억제하는 효과를 갖는다. 이들 효과를 얻기 위해서, Mo를 강제 외피 또는 플럭스의 어느 한쪽 또는 양쪽에 함유시킨다.
- [0035] Mo의 함유량이 과소하면, 상기 효과를 충분히 얻을 수 없다. 따라서, Mo의 함유량은 0.2질량% 이상, 바람직하게는 0.25질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.3질량% 이상으로 한다.
- [0036] 한편, Mo의 함유량이 과다하면, 인장 강도가 과도하게 커져, 인성이 저하된다. 따라서, Mo의 함유량은 1.2질량% 이하, 바람직하게는 1.15질량% 이하, 보다 바람직하게는 1.10질량% 이하로 한다.
- [0037] 여기에서, 본 실시형태에 있어서, Mo의 함유량이란, 와이어 중에 포함되는 전체 Mo 원소량을 의미하고 있다.
- [0038] 「Si 함유량: 0.1~0.8질량%」
- [0039] Si는 용접 금속의 탈산제로서 작용한다. 또한, Si는 용접 금속의 점성을 높여, 비드 형상을 정돈하는 효과를 갖는다. 더욱이, Si는 TiO_2 의 환원 반응을 촉진하는 효과를 갖는다. 이들 효과를 얻기 위해서, 강제 외피 또는 플럭스의 어느 한쪽 또는 양쪽에 Si를 함유시킨다.
- [0040] Si의 함유량이 과소하면, 충분한 탈산 효과가 얻어지지 않고, 블로홀이 발생하기 쉬워지는 데다가, 용접 금속의 점성이 부족하여, 비드 형상이 열화된다. 더욱이, TiO_2 의 환원 작용이 부족하여, 페라이트 밴드의 형성 억제에 기여하는 TiN의 양을 확보할 수 없다. 따라서, Si의 함유량은 0.1질량% 이상, 바람직하게는 0.2질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.3질량% 이상으로 한다.
- [0041] 한편, Si의 함유량이 과다하면, 인장 강도가 과도하게 커지는 데다가, TiO_2 의 환원량이 과잉이 되어, 고용 Ti의 양이 증가하여 인성이 열화된다. 따라서, Si의 함유량은 0.8질량% 이하, 바람직하게는 0.75질량% 이하, 보다 바람직하게는 0.70질량% 이하로 한다.
- [0042] 한편, Si를 플럭스에 함유시키는 경우는, Fe-Si, Fe-Si-Mn 또는 Fe-Si-Cr, Si 산화물 등을 사용할 수 있다.

- [0043] 여기에서, 본 실시형태에 있어서, Si의 함유량이란, 와이어 중에 포함되는 전체 Si 원소량을 의미하고 있다.
- [0044] 「Mg 함유량: 0.1~1.0질량%」
- [0045] Mg는 용접 금속의 강력한 탈산제로서 작용하여, 인성의 향상 효과가 있다. 더욱이, Mg는 Si 및 Mn과 마찬가지로, TiO₂의 환원 반응의 촉진 및 B의 용접 금속 중으로의 보류(步留)를 안정화시키는 효과를 갖는다. 이들 효과를 얻기 위해서, 강제 외피 또는 플럭스의 어느 한쪽 또는 양쪽에 Mg를 함유시킨다.
- [0046] Mg의 함유량이 과소하면, 충분한 탈산 효과가 얻어지지 않고, 블로홀이 발생하기 쉬워지는 데다가, 산소량이 증가하여 인성이 저하된다. 또한, TiO₂의 환원 작용이 부족하여, 페라이트 밴드의 형성 억제에 기여하는 TiN의 양을 확보할 수 없다. 따라서, Mg의 함유량은 0.1질량% 이상, 바람직하게는 0.12질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.14질량% 이상으로 한다.
- [0047] 한편, Mg의 함유량이 과다하면, 스패터의 발생량이 증가함과 함께, 슬래그의 피포성(被包性)이 손상되어, 입향 및 상향 용접 자세에서의 비드 형상이 열화된다. 또한, TiO₂의 환원량이 과잉이 되어, 고용 Ti의 양이 증가하여 인성이 열화된다. 따라서, Mg의 함유량은 1.0질량% 이하, 바람직하게는 0.9질량% 이하, 보다 바람직하게는 0.8질량% 이하로 한다.
- [0048] Mg원으로서, 금속 Mg, Si-Mg 또는 Ni-Mg 등의 금속 단체 또는 합금류 등을 사용할 수 있다. 여기에서, 본 실시형태에 있어서, Mg의 함유량이란, 와이어 중에 포함되는 전체 Mg 원소량을 의미하고 있다.
- [0049] 「불화물 함유량(F 환산치): 0.05~0.25질량%」
- [0050] 불화물은, 아크 안정제로서 작용한다. 또한, 불화물은, 용융 슬래그의 용점을 낮추는 작용을 가져, 그 유동성 및 피포성을 향상시켜, 비드 형상을 정돈하는 효과를 갖는다. 더욱이, 불화물은, 아크 중에서 해리되어 가스화된 불소 가스가 용융 금속의 교반을 촉진하므로, 용융 금속 중으로부터의 슬래그의 부상·분리를 촉진하여, 용접 금속의 산소량을 저감시키는 효과를 갖는다. 더욱이, 전술한 Si, Mn 및 Mg와 마찬가지로, TiO₂의 환원 촉진 작용에 의해 생성된 Ti와 N의 결합에 의해 용접 금속 중에 TiN을 석출시켜, 페라이트 밴드의 형성의 억제 효과가 있다. 불화물은 슬래그 형성제의 일부이며, 또한, 상기 TiO₂의 일부의 환원 반응은, 아크 중의 고온 분위기 하에 있어서 행해지기 쉬워, 불화물을 플럭스에 함유시킴으로써 당해 환원 반응을 촉진시킬 수 있기 때문에, 불화물은 플럭스에 함유시킨다.
- [0051] 불화물의 함유량이 과소하면, 전술한 효과가 얻어지지 않고, 아크의 안정성이 손상되어, 스패터 발생량이 증대함과 함께, 비드 형상이 열화된다. 또한, 용접 금속 중의 산소량의 저감 효과가 불충분해져, 블로홀이 발생하기 쉬워진다. 더욱이, TiO₂의 환원이 불충분해져, 환원 생성되는 Ti의 양이 적어지므로, TiN의 석출량도 적어져, 페라이트 밴드의 형성 억제 효과가 불충분해진다. 따라서, 불화물의 함유량은 F 환산치로 0.05질량% 이상, 바람직하게는 0.07질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.09질량% 이상으로 한다.
- [0052] 한편, 불화물의 F 환산치의 함유량이 과다하면, 슬래그의 유동성이 과대해져, 슬래그의 피포성이 손상되어 비드 형상이 현저하게 열화된다. 따라서, 불화물의 함유량은 F 환산치로 0.25질량% 이하, 바람직하게는 0.23질량% 이하, 보다 바람직하게는 0.21질량% 이하로 한다.
- [0053] 한편, 불화물로서는, LiF, NaF, K₂SiF₆, CaF₂, MgF₂, BaF₂ 혹은 CeF₃ 또는 CF₂를 함유하는 불소유 등을 사용할 수 있다. 한편, CF₂를 함유하는 불소유는, 윤활제로서 와이어의 표면에 코팅해도 된다.
- [0054] 「C 함유량: 0.01~0.10질량%」
- [0055] C는 소입성을 높여, 용접 금속의 인장 강도 및 인성을 향상시키는 효과를 갖기 때문에, 강제 외피 또는 플럭스의 어느 한쪽 또는 양쪽에 함유시킨다.
- [0056] C의 함유량이 과소하면, 상기 효과를 충분히 얻을 수 없다. 따라서, C의 함유량은 0.01질량% 이상, 바람직하게는 0.02질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.03질량% 이상으로 한다.
- [0057] 한편, C의 함유량이 과다하면, 용접 금속의 인장 강도가 과도하게 커져, 인성이 현저하게 저하되는 데다가, 고온 균열을 야기한다. 따라서, C의 함유량은 0.10질량% 이하, 바람직하게는 0.095질량% 이하, 보다 바람직하게는 0.090질량% 이하로 한다.

- [0058] 한편, C를 플럭스에 함유시키는 경우는, 그래파이트, 크로뮴 카바이드, Si-C, 고C-Fe-Mn 또는 고C-Fe-Cr 등의 C 단체 또는 합금류를 사용할 수 있다.
- [0059] 「V: 0.003~0.020질량%」
- [0060] V는, 용접 금속 중에서 V의 탄화물을 석출시켜, 이 석출물에 의해, PWHT 중에 있어서의 C 원자의 이동을 억제하는 것에 의해, 페라이트 밴드의 형성을 억제한다고 하는 효과를 갖는다.
- [0061] V의 함유량이 과소하면, 상기 효과를 충분히 얻을 수 없다. 따라서, V의 함유량은 0.003질량% 이상, 바람직하게는 0.004질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.005질량% 이상으로 한다.
- [0062] 한편, V는 PWHT를 받는 것에 의해, C와 결합하여 침상의 미세 탄화물을 형성하지만, 와이어 중의 V의 함유량이 과다하면, 이 침상 탄화물은 용접 금속의 인성을 현저하게 열화시킨다. 따라서, V의 함유량은 0.020질량% 이하, 바람직하게는 0.019질량% 이하, 보다 바람직하게는 0.018질량% 이하로 한다.
- [0063] 「Nb: 0.003~0.020질량%」
- [0064] Nb는 V와 마찬가지로, 용접 금속 중에서 Nb의 탄화물을 석출시켜, 이 석출물에 의해, PWHT 중에 있어서의 C 원자의 이동을 억제하는 것에 의해, 페라이트 밴드의 형성을 억제한다고 하는 효과를 갖는다.
- [0065] Nb의 함유량이 과소하면, 상기 효과를 충분히 얻을 수 없다. 따라서, Nb의 함유량은 0.003질량% 이상, 바람직하게는 0.004질량% 이상, 보다 바람직하게는 0.005질량% 이상으로 한다.
- [0066] 한편, Nb는 PWHT를 받는 것에 의해, C와 결합하여 침상의 미세 탄화물을 형성하지만, 와이어 중의 Nb의 함유량이 과다하면, 이 침상 탄화물은 용접 금속의 인성을 현저하게 열화시킨다. 따라서, Nb의 함유량은 0.020질량% 이하, 바람직하게는 0.019질량% 이하, 보다 바람직하게는 0.018질량% 이하로 한다.
- [0067] 「B 함유량: 100ppm(0.01%) 미만」
- [0068] B의 함유량이 과잉이면, 용접 금속의 강도가 지나치게 높아져 인성이 저하될 뿐만 아니라, 용접 금속 중에 SR 균열이 생기기 쉬워진다. 따라서, B의 함유량은 100ppm 미만, 바람직하게는 80ppm 미만, 보다 바람직하게는 60ppm 미만으로 한다. B의 함유량의 하한은 특별히 한정되지 않고, 즉, B의 함유량은 0ppm이어도 된다.
- [0069] 「잔부」
- [0070] 본 실시형태의 플럭스 코어드 와이어의 주성분은, Fe이다. Fe는, 외피를 구성하는 Fe, 플럭스에 첨가되어 있는 철분, 합금분의 Fe 등이다. 여기에서, Fe는, 78질량% 이상 94질량% 이하의 범위로 포함된다. Fe는, 80질량% 이상 포함되는 것이 바람직하다. 또한, Fe는, 92질량% 이하 포함되는 것이 바람직하다.
- [0071] 또한, 본 실시형태의 플럭스 코어드 와이어는, Fe, TiO₂, Mn, Cr, Mo, Si, Mg를 합계로, 95질량% 이상 포함하는 것이 바람직하고, 98질량% 이상 포함하는 것이 보다 바람직하다.
- [0072] 잔부는, 불가피적 불순물이나, 전술 이외의 선택적으로 포함되는 성분, 플럭스 중에 TiO₂ 이외의 성분이 산화물로서 포함되었을 경우의 O 등이다. 여기에서, 불가피적 불순물이란, 전술한 성분 이외의 성분(Cu: 0.1질량% 이하, Al: 0.1질량% 이하, Zr: 0.1질량% 이하, Li: 0.1질량% 이하, Co: 0.1질량% 이하, Sn: 0.02질량% 이하, Sb: 0.02질량% 이하, As: 0.02질량% 이하 등) 등이나, 후술하는 선택적으로 첨가하는 성분 등이 불가피적으로 포함되는 것도 해당하고, 본 실시형태에 따른 플럭스 코어드 와이어의 효과를 방해하지 않는 범위에서 함유하는 것이 허용된다.
- [0073] 「 $28 \times \text{Mn} / (390 \times \text{C} + 2370 \times \text{V}) \geq 0.82$ 」
- [0074] 본 실시형태의 플럭스 코어드 와이어는, $28 \times \text{Mn} / (390 \times \text{C} + 2370 \times \text{V}) \geq 0.82$ 를 만족한다. 여기에서, Mn, C, V는 각각 와이어 전체 질량당의 Mn, C, V의 함유량을 의미한다. $28 \times \text{Mn} / (390 \times \text{C} + 2370 \times \text{V})$ 의 값이 커지도록 제어하는 것에 의해, 인성에 대해서 유해한 페라이트 사이드 플레이트의 생성이 억제되고, 또한, 용접 금속의 변태 온도가 저하되어 조대(粗大)한 베이나이트 조직이 감소되기 때문에, 용접 금속의 인성이 향상된다.
- [0075] 따라서, $28 \times \text{Mn} / (390 \times \text{C} + 2370 \times \text{V})$ 의 값은 0.82 이상, 바람직하게는 0.84 이상, 보다 바람직하게는 0.86 이상으로 한다. 여기에서, $28 \times \text{Mn} / (390 \times \text{C} + 2370 \times \text{V})$ 의 값은, 3.00 이하인 것이 실제적이다.
- [0076] 「 $0.018 \times \text{TiO}_2 \times \text{Mg} + 2 \times (\text{Nb} + \text{V}) \leq 0.12$ 」

- [0077] 본 실시형태의 플럭스 코어드 와이어는, $0.018 \times \text{TiO}_2 \times \text{Mg} + 2 \times (\text{Nb} + \text{V}) \leq 0.12$ 를 만족하는 것이 바람직하다. 여기에서, TiO_2 , Mg , Nb , V 는 각각 와이어 전체 질량당의 TiO_2 , Mg , Nb , V 의 함유량을 의미한다. $0.018 \times \text{TiO}_2 \times \text{Mg} + 2 \times (\text{Nb} + \text{V})$ 의 값이 작아지도록 제어하는 것에 의해, PWHT 시에 있어서의 결정립 내의 석출 경화가 억제되어, 입내와 입계의 강도차가 적어진다. 이것에 의해 PWHT에 있어서의 용접 시의 잔류 응력을 입계 미끄럼에 의해 해방시킴으로써 균열의 발생을 억제할 수 있다.
- [0078] 따라서, $0.018 \times \text{TiO}_2 \times \text{Mg} + 2 \times (\text{Nb} + \text{V})$ 의 값은 0.12 이하인 것이 바람직하고, 0.11 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.10 이하인 것이 더 바람직하다. 여기에서, $0.018 \times \text{TiO}_2 \times \text{Mg} + 2 \times (\text{Nb} + \text{V})$ 의 값은, 0.01 이상인 것이 실제적이다.
- [0079] 「P 함유량: 0.02질량% 이하」
- [0080] P는 불순물로서 함유되는 성분이다. 와이어 중의 P의 함유량을 억제하는 것에 의해, 얻어지는 용접 금속의 내SR균열성을 향상시킬 수 있다. 따라서, P의 함유량은 0.02질량% 이하로 하는 것이 바람직하고, 0.018질량% 이하로 하는 것이 보다 바람직하고, 0.016질량% 이하로 하는 것이 더 바람직하다. P의 함유량의 하한은 특별히 한정되지 않고, 즉, 본 실시형태의 와이어에 있어서의 P의 함유량은 0%여도 된다.
- [0081] 「S 함유량: 0.02질량% 이하」
- [0082] S도 P와 마찬가지로, 불순물로서 함유되는 성분이다. 와이어 중의 P의 함유량을 억제하는 것에 의해, 얻어지는 용접 금속의 내SR균열성을 향상시킬 수 있다. 따라서, P의 함유량은 0.02질량% 이하로 하는 것이 바람직하고, 0.018질량% 이하로 하는 것이 보다 바람직하고, 0.016질량% 이하로 하는 것이 더 바람직하다. S의 함유량의 하한은 특별히 한정되지 않고, 즉, 본 실시형태의 와이어에 있어서의 S의 함유량은 0%여도 된다.
- [0083] 「N 함유량: 0.02질량% 이하」
- [0084] N은 Ti와 결합하여 질화물 TiN 이 되어 석출되는 것에 의해, 용접 금속 중에서의 페라이트 밴드의 형성을 억제하는 효과를 갖는다. 또한, 고용 Ti를 질화물로서 고정하는 것에 의해 인성을 향상시키는 효과도 갖는다. 이 효과를 얻기 위해서, N을 강제 외피 또는 플럭스의 어느 한쪽 또는 양쪽에 함유시켜도 된다.
- [0085] 그러나, N의 함유량이 과잉이면, 고용 N량이 증가하여 인성이 열화되는 데다가, 과잉한 N이 블로홀의 발생 원인이 되고, 또한 슬래그 박리성의 열화 원인이 된다. 따라서, N의 함유량은 0.02질량% 이하가 바람직하고, 0.018질량% 이하가 보다 바람직하고, 0.016질량% 이하가 더 바람직하다.
- [0086] 한편, N을 플럭스에 함유시키는 경우에는, N-Cr, N-Si 또는 N-Ti 등의 금속 질화물을 사용할 수 있다.
- [0087] 한편, N을 본 실시형태의 와이어에 함유시키지 않아도 되고, 즉, 본 실시형태의 와이어에 있어서의 N의 함유량은 0%여도 된다.
- [0088] 「Na 함유량: 0.01~0.20질량%」
- [0089] Na는, 임의적인 첨가 성분으로서 본 실시형태의 와이어에 함유시킬 수 있다.
- [0090] Na는 아크를 안정시키는 작용이 있기 때문에, Na의 함유량은 0.01질량% 이상이 바람직하고, 0.012질량% 이상이 보다 바람직하고, 0.014질량% 이상이 더 바람직하다.
- [0091] 한편, Na의 함유량을 줄임으로써, 탕류(湯溜) 안정성을 향상시킬 수 있다. 따라서, Na의 함유량은 0.20질량% 이하가 바람직하고, 0.19질량% 이하가 보다 바람직하고, 0.18질량% 이하가 더 바람직하다.
- [0092] 「K 함유량: 0.01~0.20질량%」
- [0093] K는, 임의적인 첨가 성분으로서 본 실시형태의 와이어에 함유시킬 수 있다.
- [0094] K는 Na와 마찬가지로, 아크를 안정시키는 작용이 있기 때문에, K의 함유량은 0.01질량% 이상이 바람직하고, 0.012질량% 이상이 보다 바람직하고, 0.014질량% 이상이 더 바람직하다.
- [0095] 한편, K의 함유량을 줄임으로써, 탕류 안정성을 향상시킬 수 있다. 따라서, K의 함유량은 0.20질량% 이하가 바람직하고, 0.19질량% 이하가 보다 바람직하고, 0.18질량% 이하가 더 바람직하다.
- [0096] 한편, Na나 K는, 플럭스 중에 Na_2O 나 K_2O 등의 산화물의 형태나 불화물의 형태로 포함되는 것이 실제적이다.

- [0097] 본 실시형태의 플럭스 코어드 와이어의 플럭스 충전율은, 특별히 규정하지 않지만, 와이어의 생산성, 예를 들면 성형 및 신선 시의 단선 등을 고려하여 적절히 설정할 수 있다. 플럭스 충전율은, 예를 들어 11.0~18.0질량%가 바람직하다.
- [0098] 본 실시형태의 플럭스 코어드 와이어를 이용하여 용접을 행할 때에 이용하는 실드 가스는, 100% CO₂ 가스 외에, Ar 가스와 CO₂ 가스의 혼합 가스, Ar 가스와 O₂ 가스의 혼합 가스, 및 Ar 가스와 CO₂ 가스와 O₂ 가스의 3중 혼합 가스 등 어느 것이어도 되고, 또한 어느 조성도 사용 가능하다. 또한, 강제 외피는 피용접재의 성분 조성에 따라서 선정하는 것이 바람직하고, 연강 또는 합금강을 사용할 수 있다. 또한, 와이어의 단면 형상은 특별히 규정할 필요는 없고, 이음매가 있어도 없어도 어느 것이어도 된다. 또한, 와이어의 단면 형상에 이음매가 없는 경우에는, 와이어 표면에 Cu 도금 혹은 Ni 도금 또는 이들의 복합 도금을 실시할 수도 있다.
- [0099] **실시에**
- [0100] 이하, 본 발명의 실시예 및 비교예를 들어, 본 발명의 효과에 대해 보다 구체적으로 설명하지만, 본 발명은 이들에 전혀 한정되는 것은 아니다.
- [0101] 표 1 및 표 2에 나타내는 와이어 성분을 갖는 와이어 직경 1.2mm의 플럭스 코어드 와이어를 사용하여, 피용접재로서 도 1a에 나타내는 개선 형상의 판두께 20mm의 Cr-Mo강으로 이루어지는 강판(1)을, 가스 실드 아크 용접에 의해 맞대기 용접했다. 용접 조건은 하기에 나타내는 바와 같다. 한편, 상기 개선 형상은 45° V자 개선, 루트 갭 13mm이다. 또한, 표 1 및 표 2에 나타내는 와이어 성분의 잔부는 Fe 및 불가피적 불순물 등이고, F는, 불화물의 F 환산량이다. 한편, Nb, V는 용착 금속의 분석치를 이용했다. 이 분석치는 와이어 중의 Nb, V의 값과 등가라고 생각된다.
- [0102] (용접 조건)
- [0103] · 용접 전류: 200~300A
- [0104] · 아크 전압: 25~32V
- [0105] · 실드 가스의 종류: Ar-20% CO₂
- [0106] · 실드 가스 유량: 25L/min
- [0107] · 예열 · 패스간 온도: 160~190℃
- [0108] · 적층법: 6층 12패스

표 1

표 1	외미미 조성(질량%)																	28 × Mn / (390 × C + 2370 × V)	0.018 × TiO ₂ × Mg + 2 × (Nb + V)
	TiO ₂	Mn	Cr	Mo	Si	Mg	F	C	V	Nb	B	P	S	N	Sn	Na	K		
실시예1	12	1.9	1.3	0.4	0.4	0.2	0.12	0.07	0.006	0.011	0.0004	0.003	0.005	0.006	0.002	0.02	0.03	1.28	0.08
실시예2	5	1.8	2.1	1.0	0.6	0.4	0.10	0.08	0.005	0.005	0.0004	0.002	0.006	0.003	0.004	0.02	0.03	1.17	0.06
실시예3	6	2.3	1.4	0.5	0.4	0.2	0.14	0.06	0.006	0.006	0.0005	0.004	0.005	0.006	0.002	0.02	0.04	1.71	0.05
실시예4	7	1.1	2.2	0.8	0.6	0.5	0.12	0.04	0.004	0.011	0.0008	0.002	0.008	0.003	0.004	0.02	0.03	1.23	0.09
실시예5	6	1.9	2.8	1.0	0.6	0.3	0.10	0.07	0.008	0.008	0.0004	0.003	0.007	0.003	0.003	0.02	0.03	1.15	0.06
실시예6	6	1.8	1.2	0.6	0.4	0.3	0.15	0.05	0.006	0.01	0.0006	0.004	0.005	0.006	0.002	0.02	0.03	1.49	0.06
실시예7	7	2.0	2.3	1.1	0.4	0.2	0.12	0.07	0.007	0.007	0.0007	0.003	0.004	0.003	0.004	0.02	0.04	1.26	0.05
실시예8	8	1.8	2.2	0.3	0.5	0.4	0.13	0.06	0.006	0.006	0.0004	0.004	0.005	0.004	0.003	0.02	0.03	1.28	0.09
실시예9	6	1.8	2.3	1.1	0.7	0.2	0.12	0.05	0.006	0.005	0.0008	0.002	0.005	0.006	0.003	0.02	0.03	1.49	0.04
실시예10	7	2.0	1.5	0.4	0.2	0.4	0.10	0.07	0.008	0.007	0.0003	0.003	0.007	0.003	0.002	0.02	0.03	1.21	0.08
실시예11	6	1.8	1.6	0.6	0.6	0.8	0.13	0.05	0.008	0.008	0.0002	0.002	0.008	0.003	0.003	0.02	0.03	1.70	0.12
실시예12	6	1.9	2.4	1.0	0.4	0.1	0.13	0.05	0.006	0.011	0.0004	0.003	0.005	0.006	0.005	0.02	0.04	1.58	0.04
실시예13	7	2.0	2.4	0.9	0.5	0.4	0.24	0.07	0.007	0.005	0.0008	0.002	0.007	0.004	0.002	0.02	0.03	1.28	0.07
실시예14	6	1.8	1.3	0.4	0.4	0.2	0.06	0.08	0.005	0.006	0.0005	0.003	0.006	0.006	0.004	0.02	0.03	1.17	0.04
실시예15	6	2.1	1.4	0.6	0.8	0.5	0.15	0.09	0.006	0.007	0.0006	0.002	0.005	0.003	0.003	0.02	0.03	1.19	0.08
실시예16	6	1.9	1.3	0.4	0.5	0.2	0.12	0.03	0.009	0.005	0.0004	0.003	0.003	0.004	0.002	0.02	0.03	1.61	0.05
실시예17	7	2.3	2.4	0.9	0.4	0.2	0.13	0.04	0.017	0.007	0.0003	0.004	0.004	0.006	0.005	0.02	0.03	1.15	0.07
실시예18	8	1.8	1.3	0.5	0.6	0.4	0.16	0.07	0.004	0.005	0.0007	0.003	0.005	0.005	0.004	0.02	0.04	1.45	0.08
실시예19	6	2.0	2.4	1.0	0.4	0.2	0.12	0.05	0.005	0.019	0.0006	0.004	0.003	0.003	0.002	0.02	0.03	1.79	0.07
실시예20	7	1.8	1.3	0.4	0.4	0.3	0.14	0.07	0.006	0.004	0.0005	0.003	0.005	0.006	0.005	0.02	0.03	1.21	0.06
실시예21	7	1.7	2.5	1.1	0.5	0.2	0.12	0.06	0.007	0.007	0.0009	0.003	0.004	0.005	0.003	0.02	0.03	1.19	0.05

표 2

표 2

와이어 조성(질량%)												K	Na	Sn	N	S	P	B	Nb	V	C	F	Mg	Si	Mo	Cr	Mn	TiO ₂	28 × Mn / (390 × C + 2370 × V)	0.018 × TiO ₂ × Mg + 2 × (Nb + V)
비교예1	비교예2	비교예3	비교예4	비교예5	비교예6	비교예7	비교예8	비교예9	비교예10	비교예11	비교예12	비교예13	비교예14	비교예15	비교예16	비교예17	비교예18	비교예19	비교예20	비교예21	비교예22									
14	2.0	1.4	0.4	0.5	0.5	0.16	0.05	0.005	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
3	1.9	2.2	0.3	0.4	0.3	0.12	0.07	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
6	2.6	1.3	0.5	0.6	0.2	0.16	0.06	0.01	0.008	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
7	0.8	2.4	1.0	0.4	0.4	0.13	0.05	0.005	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
6	1.8	3.2	0.9	0.5	0.3	0.17	0.07	0.006	0.006	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
7	1.7	0.8	0.4	0.4	0.2	0.14	0.06	0.007	0.008	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
5	1.9	2.5	1.3	0.6	0.5	0.15	0.05	0.005	0.011	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
7	1.8	1.4	0.1	0.5	0.3	0.12	0.07	0.006	0.007	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
6	2.0	2.4	1.0	0.9	0.2	0.16	0.06	0.008	0.006	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
8	1.9	1.3	0.5	0.0	0.3	0.13	0.08	0.005	0.009	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
7	1.8	2.2	0.9	0.5	1.1	0.12	0.05	0.006	0.01	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
6	1.7	2.4	1.1	0.4	0.0	0.14	0.07	0.005	0.005	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
7	1.9	1.4	0.4	0.6	0.3	0.28	0.06	0.009	0.006	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
6	1.8	2.4	0.9	0.5	0.3	0.02	0.05	0.006	0.008	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
6	1.7	1.3	0.5	0.4	0.2	0.15	0.12	0.005	0.011	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
7	1.9	2.2	1.0	0.6	0.4	0.13	0.1	0.008	0.005	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
9	2.0	1.3	0.8	0.5	0.5	0.12	0.06	0.023	0.009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
6	1.8	2.4	0.9	0.6	0.2	0.15	0.07	0.001	0.007	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
9	1.7	1.4	0.4	0.4	0.4	0.13	0.05	0.009	0.022	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
6	1.8	1.3	0.5	0.5	0.3	0.15	0.06	0.008	0.001	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
8	1.7	2.4	1.1	0.4	0.2	0.12	0.07	0.006	0.011	0.011	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
8	1.5	1.3	0.5	0.4	0.4	0.14	0.07	0.012	0.01	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006

[0110]

[0111] 그리고, 실시예 및 비교예의 각 플럭스 코어드 와이어에 대해, 이하의 평가를 행했다. 평가 결과를 표 3 및 표 4에 나타낸다.

[0112] (용접 작업성의 평가)

[0113] 용접 작업성의 평가 시험은, 상기의 용접 금속 제작 외에, 입향 필릿 용접도 행하고, 실시예 1~21 및 비교예 1~22의 각 플럭스 코어드 와이어를 사용하여 행했다. 용접 작업성의 평가는, 용접 시의 아크의 안정성, 슬래그 박리성, 스파터 발생량 및 비드 형상의 관능 평가에 의해 행하고, 종합적으로 용접 작업성이 우수한 것을 「합격: Good」이라고 하고, 그 이외의 것은 「불합격: Bad」라고 했다.

[0114] (용접 금속의 강도의 평가)

[0115] 얻어진 용접 금속에 대해서 675~705℃에서 1시간 PWHT를 실시한 후에, 인장 시험에 의해 인장 강도, 0.2% 내력 및 신도를 측정했다.

[0116] 와이어의 Cr 함유량이 2.0% 미만인 것에 대해서는, 0.2 내력이 468MPa 이상이고, 인장 강도가 551~689MPa의 범

위 내이며, 신도가 19% 이상인 것을 「합격: Good」이라고 하고, 그 이외의 것은 「불합격: Bad」라고 했다.

[0117] 와이어의 Cr 함유량이 2.0% 이상인 것에 대해서는, 0.2 내력이 537MPa 이상이고, 인장 강도가 620~758MPa의 범위 내이며, 신도가 19% 이상인 것을 「합격: Good」이라고 하고, 그 이외의 것은 「불합격: Bad」라고 했다.

[0118] (용접 금속의 인성의 평가)

[0119] 얻어진 용접 금속에 대해서 675~705℃에서 1시간 PWHT를 실시한 후에, 샤르피 충격 시험을 행했다. N=3으로 2mm V 노치의 4호 샤르피 시험편에 대한 20℃에 있어서의 흡수 에너지를 측정하여, 흡수 에너지의 평균치가 27J 이상인 것을 「합격: Good」이라고 하고, 그 이외의 것은 「불합격: Bad」라고 했다.

[0120] (내SR균열성)

[0121] 얻어진 용접 금속에 대해서 PWHT를 실시하지 않고 원통 시험편을 채취하여, 링 균열 시험을 실시하여 내SR균열성을 평가했다.

[0122] 우선, 도 1a에 나타내는 바와 같이 용접 금속(3)의 최종 비드 상방으로부터, 도 1b에 나타내는 원통형 시험편(10)을 채취했다. 원통형 시험편(10)의 상세는 도 1c에 나타내는 바와 같으며, 원통형 시험편(10)은, U 노치(5), 및 원통의 내부의 공동에 이르는 슬릿(6)을 갖고 있고, U 노치(5)는 용접 금속(3)의 원질부(原質部) 상방에, 슬릿(6)은 용접 금속(3)의 원질부 하방에, 각각 위치하고 있다. U 노치(5)는, 깊이 0.5mm, 폭 0.4mm, 저부의 곡률 반경 0.2mm의 U자형의 홈이 되어 있다. 슬릿(6)은, 0.5mm의 폭으로 형성되어 있다.

[0123] 그 다음에, 얻어진 원통형 시험편(10)을 이용하여 「응력 제거 소둔 균열에 관한 연구(제2보)」(우치기 등, 용접학회지: Vol. 33, No. 9(1964) P. 718)를 참고로 하여 링 균열 시험을 실시했다. 상세하게는, 도 1d에 나타내는 바와 같이, 원통형 시험편(10)에 대해, 화살표로 나타내는 방향으로 굽힘 응력을 인가한 상태에서, 시험편(10)의 슬릿(6)을 용가재를 사용하지 않고 TIG 용접하여, U 노치(5)에 인장 잔류 응력을 부하한 상태에서, 상기와 동일한 PWHT 처리를 행했다. PWHT 후, 링의 3단면에 대하여 광학 현미경 관찰(배율: 100배)을 행하여, 어느 단면에 있어서도, U 노치(5)의 저부로부터 크랙이 인정되지 않았던 경우는 SR 균열의 발생이 억제되었다(내SR균열성이 우수하다)고 하여 「합격: Good」이라고 평가하고, 3단면의 어느 1개에서라도 크랙이 인정되었을 경우에는, SR 균열이 발생했다(내SR균열성이 뒤떨어진다고 하여 「불합격: Bad」라고 평가했다.

표 3

표 3

	용접 작업성	강도	인성	내SR균열성
실시예1	Good	Good	Good	Good
실시예2	Good	Good	Good	Good
실시예3	Good	Good	Good	Good
실시예4	Good	Good	Good	Good
실시예5	Good	Good	Good	Good
실시예6	Good	Good	Good	Good
실시예7	Good	Good	Good	Good
실시예8	Good	Good	Good	Good
실시예9	Good	Good	Good	Good
실시예10	Good	Good	Good	Good
실시예11	Good	Good	Good	Good
실시예12	Good	Good	Good	Good
실시예13	Good	Good	Good	Good
실시예14	Good	Good	Good	Good
실시예15	Good	Good	Good	Good
실시예16	Good	Good	Good	Good
실시예17	Good	Good	Good	Good
실시예18	Good	Good	Good	Good
실시예19	Good	Good	Good	Good
실시예20	Good	Good	Good	Good
실시예21	Good	Good	Good	Good

[0124]

표 4

표 4	용접 작업성	강도	인성	내SR균열성
비교예 1	Good	Bad	Good	Bad
비교예 2	Bad	Good	Good	Good
비교예 3	Good	Bad	Good	Good
비교예 4	Good	Good	Bad	Good
비교예 5	Good	Bad	Good	Good
비교예 6	Good	Bad	Good	Good
비교예 7	Good	Bad	Good	Good
비교예 8	Good	Bad	Good	Good
비교예 9	Good	Bad	Good	Good
비교예 10	Good	Bad	Good	Good
비교예 11	Good	Good	Good	Bad
비교예 12	Good	Bad	Good	Good
비교예 13	Bad	Good	Good	Good
비교예 14	Bad	Good	Good	Good
비교예 15	Bad	Bad	Bad	Good
비교예 16	Good	Bad	Good	Good
비교예 17	Good	Good	Bad	Bad
비교예 18	Good	Bad	Good	Good
비교예 19	Good	Good	Good	Bad
비교예 20	Good	Bad	Good	Good
비교예 21	Good	Good	Good	Bad
비교예 22	Good	Good	Bad	Good

[0125]

[0126] 비교예 1의 와이어는 TiO_2 의 함유량이 과다하여, 용접 금속의 강도 및 내SR균열성이 뒤떨어졌다.

[0127] 비교예 2의 와이어는 TiO_2 의 함유량이 과소하여, 용접 작업성이 뒤떨어졌다.

[0128] 비교예 3의 와이어는 Mn의 함유량이 과다하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.

[0129] 비교예 4의 와이어는 Mn의 함유량이 과소하고, $28 \times Mn / (390 \times C + 2370 \times V)$ 의 값이 과소하여, 용접 금속의 인성이 뒤떨어졌다.

[0130] 비교예 5의 와이어는 Cr의 함유량이 과다하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.

[0131] 비교예 6의 와이어는 Cr의 함유량이 과소하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.

[0132] 비교예 7의 와이어는 Mo의 함유량이 과다하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.

[0133] 비교예 8의 와이어는 Mo의 함유량이 과소하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.

[0134] 비교예 9의 와이어는 Si의 함유량이 과다하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.

[0135] 비교예 10의 와이어는 Si의 함유량이 과소하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.

[0136] 비교예 11의 와이어는 Mg의 함유량이 과다하여, 내SR균열성이 뒤떨어졌다.

[0137] 비교예 12의 와이어는 Mg의 함유량이 과소하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.

[0138] 비교예 13의 와이어는 F의 함유량이 과다하여, 용접 작업성이 뒤떨어졌다.

[0139] 비교예 14의 와이어는 F의 함유량이 과소하여, 용접 작업성이 뒤떨어졌다.

[0140] 비교예 15의 와이어는 C의 함유량이 과다하고, $28 \times Mn / (390 \times C + 2370 \times V)$ 의 값이 과소하여, 용접 작업성, 용접 금속의 강도 및 용접 금속의 인성이 뒤떨어졌다.

[0141] 비교예 16의 와이어는 C의 함유량이 과소하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.

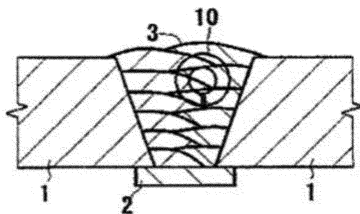
- [0142] 비교예 17의 와이어는 V의 함유량이 과다하고, $28 \times \text{Mn} / (390 \times \text{C} + 2370 \times \text{V})$ 의 값이 과소하여, 용접 금속의 인성 및 내SR균열성이 뒤떨어졌다.
- [0143] 비교예 18의 와이어는 V의 함유량이 과소하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.
- [0144] 비교예 19의 와이어는 Nb의 함유량이 과다하여, 내SR균열성이 뒤떨어졌다.
- [0145] 비교예 20의 와이어는 Nb의 함유량이 과소하여, 용접 금속의 강도가 뒤떨어졌다.
- [0146] 비교예 21의 와이어는 B의 함유량이 과다하여, 내SR균열성이 뒤떨어졌다.
- [0147] 비교예 22의 와이어는 $28 \times \text{Mn} / (390 \times \text{C} + 2370 \times \text{V})$ 의 값이 과소하여, 용접 금속의 인성이 뒤떨어졌다.
- [0148] 한편, 실시예 1~21의 와이어는, 모두 용접 작업성, 용접 금속의 강도, 용접 금속의 인성, 내SR균열성이 우수했다.
- [0149] 한편, 본 출원은, 2018년 1월 16일 출원된 일본 특허출원(특원 2018-5013)에 기초하는 것으로, 그 내용은 본 출원 중에 참조로서 인용된다.

부호의 설명

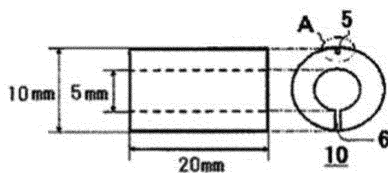
- [0150]
- 1 강판
 - 2 이당금
 - 3 용접 금속
 - 5 U 노치
 - 6 슬릿
 - 10 원통형 시험편

도면

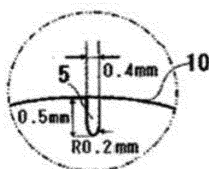
도면1a



도면1b



도면1c



도면1d

