



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년02월02일  
(11) 등록번호 10-1824722  
(24) 등록일자 2018년01월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B23K 35/362 (2006.01) B23K 35/02 (2006.01)  
B23K 35/368 (2006.01) B23K 9/16 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B23K 35/362 (2013.01)  
B23K 35/0261 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0005735  
(22) 출원일자 2016년01월18일  
심사청구일자 2016년03월25일  
(65) 공개번호 10-2016-0092924  
(43) 공개일자 2016년08월05일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2015-014058 2015년01월28일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2014113615 A\*  
JP09253886 A\*  
JP2010274304 A  
JP2002361486 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
닛테츠 스미킨 요우세츠 고교 가부시기가이샤  
일본국 도쿄도 코토구 토요 2쵸메 4반 2고  
(72) 발명자  
타카야마 리키야  
일본국 도쿄도 코토구 토요 2쵸메 4반 2고 닛테츠  
스미킨 요우세츠 고교 가부시기가이샤 내  
사사키 키요히토  
일본국 도쿄도 코토구 토요 2쵸메 4반 2고 닛테츠  
스미킨 요우세츠 고교 가부시기가이샤 내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인와이에스장

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 최영준

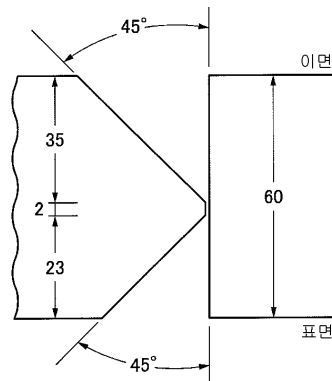
(54) 발명의 명칭 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어

(57) 요약

[과제] 전자세 용접에서의 용접 작업성이 양호하고, 또한 내저온균열성, 저온인성 및 CTOD 특성이 우수한 용접 금속을 얻을 수 있는 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어를 제공한다.

[해결 수단] 와이어 전체 질량에 대한 질량%로, C: 0.03~0.08%, Si: 0.2~0.7%, Mn: 1.4~3.0%, Cu: 0.01~0.5%, Ni: 0.8~3.0%, Ti: 0.05~0.5%, B: 0.002~0.015%, Al: 0.05% 이하, TiO<sub>2</sub> 환산값: 4~8%, SiO<sub>2</sub> 환산값: 0.1~0.6%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 환산값: 0.02~0.3%, Mg: 0.1~0.8%, F 환산값: 0.05~0.3%, 불소 화합물 중의 Na 환산값 및 K 환산값: 0.05~0.3%, Na<sub>2</sub>O 및 K<sub>2</sub>O: 0.05~0.2%, ZrO<sub>2</sub> 환산값: 0.2% 이하인 것을 특징으로 하는 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어.

대표도



(52) CPC특허분류

**B23K 35/0266** (2013.01)

**B23K 35/368** (2013.01)

**B23K 9/16** (2013.01)

(72) 발명자

**토츠카 야스히토**

일본국 도쿄도 코토구 토요 2쵸메 4반 2고 닛테츠  
스미킨 요우세츠 교교 가부시키키가이샤 내

---

**토리야베 마사아키**

일본국 도쿄도 코토구 토요 2쵸메 4반 2고 닛테츠  
스미킨 요우세츠 교교 가부시키키가이샤 내

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

강제 외피가 플럭스를 충전하여 이루어지는 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어에 있어서,

와이어 전체 질량에 대한 질량%로, 강제 외피와 플럭스의 합계에서,

C: 0.03~0.08%,

Si: 0.2~0.7%,

Mn: 1.4~3.0%,

Cu: 0.01~0.5%,

Ni: 0.8~3.0%,

Ti: 0.05~0.5%,

B: 0.002~0.015%를 함유하고,

Al: 0.05% 이하이며,

또한, 와이어 전체 질량에 대한 질량%로, 플럭스 중에,

Ti 산화물의  $TiO_2$  환산값의 합계: 4~8%,

Si 산화물의  $SiO_2$  환산값의 합계: 0.1~0.6%,

Al 산화물의  $Al_2O_3$  환산값의 합계: 0.02~0.3%,

Mg: 0.1~0.8%,

불소 화합물의 F 환산값의 합계: 0.05~0.3%,

불소 화합물 중에서의 Na 및 K의 Na 환산값 및 K 환산값의 1종 또는 2종의 합계: 0.05~0.3%,

$Na_2O$  및  $K_2O$ 의 1종 또는 2종의 합계: 0.05~0.2%,

Zr 산화물의  $ZrO_2$  환산값의 합계: 0.2% 이하를 함유하고,

잔부가 강제 외피의 Fe, 철분, 철 합금분의 Fe 분 및 불가피 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

성형된 강제 외피의 이음 부위가 용접되어 있음으로써 강제 외피에 이음매를 없앤 것을 특징으로 하는 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어.

## 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 강 구조물 등에 사용되는 강을 용접할 때 전자세(全姿勢) 용접에서의 용접 작업성이 양호하고, 또한 내저온균열성, 저온인성 및 파괴인성(이하, CTOD라고 한다.) 등의 특성이 우수한 용접 금속이 얻어지는 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어에 관한 것이다.

[0001]

## 배경 기술

- [0002] 강을 피용접재로 하는 가스 실드 아크 용접에 사용되는 플럭스 함유 와이어로서는, 예를 들면, 루틸계 플럭스 함유 와이어나 염기성계 플럭스 와이어가 알려져 있다. 염기성계 플럭스 함유 와이어를 사용한 용접은 용접 금속의 산소량을 저감할 수 있으므로, 저온인성 및 CTOD 특성은 우수하다. 단, 이 염기성계 플럭스 함유 와이어에 의한 용접에서는, 전자세 용접에서의 용접 작업성이 루틸계 플럭스 함유 와이어에 비해 뒤떨어지므로 일반적으로 사용되는 경우가 적다.
- [0003] 한편, 루틸계 플럭스 함유 와이어를 사용한 탄산 가스 실드 아크 용접은 용접 능률, 전자세 용접에서의 용접 작업성이 대단히 우수하므로, 조선, 교량, 해양 구조물, 철골 등의 넓은 분야에서 적용되고 있다.
- [0004] 그러나, 루틸계 플럭스 함유 와이어는,  $TiO_2$ 를 비롯한 금속 산화물 주체의 플럭스가 강제 외피 중에 충전되어 있기 때문에, 용접 금속 중의 산소량이 많아, 저온인성을 얻기 어렵고, 특히 실드 가스에  $CO_2$  가스를 사용하는 경우에는 Ar과  $CO_2$ 의 혼합 가스를 사용한 경우보다도 인성의 확보가 곤란하다. 또한 플럭스 원료에 함유되는 수분이나 와이어 보관시의 흡습에 의해, 확산성 수소량이 솔리드 와이어에 비해 높으므로, 용접 금속의 저온균열이 염려되어, 판 두께가 두꺼운 강판의 용접 시에는  $100^\circ C$  정도의 예열을 할 필요가 있어, 용접 능률을 저하시키는 원인이 되고 있다.
- [0005] 저온용 강 of 탄산 가스 용접용 플럭스 함유 와이어에 대해서는, 지금까지 여러 개발이 진행되고 있다. 예를 들면, 특허문헌 1의 개시 기술에는, 용접 중에 슬래그 성분으로 변하는 합금 성분을 첨가하여, 입향상진 용접에서 용해 금속의 흘러 떨어짐(이하, 메탈 흘러내림이라고 한다.)이 발생하지 않도록 작용하는 슬래그량을 유지하면서, 용접 금속의 산소량을 저감하여 저온인성이 우수한 용접 금속을 얻기 위하여, 용접 중에 슬래그 성분으로 변화되는 Ti 등의 합금 성분을 첨가하는 기술이 개시되어 있다. 그러나, 특허문헌 1에 기재된 기술에서는, 아크 상태가 불안정하여 스파터 발생량이 많고, 또한, 용접 금속의 충분한 저온인성이 얻어지지 않아, 내고온균열성은 확보되어 있지만 내저온균열성에 대해서는 고려되어 있지 않다.
- [0006] 또한 특허문헌 2에서도, 저온인성이 우수한 용접 금속을 얻는 기술이 개시되어 있다. 이 특허문헌 2의 개시 기술에서는,  $TiO_2$ , B, Mg 및 Al의 첨가량을 적절하게 유지함으로써 용접 금속의 산소량을 저감하여, 전자세 용접에서의 용접 작업성을 양호하게 한다. 그렇지만, 이 강탈산제로서 첨가되는 Al은 Al 산화물로서 과도하게 용접 금속에 잔류하여 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값이 얻어지지 않는다. 또한 이 특허문헌 2의 기재의 기술에서는, 내저온균열성에 대해서는 특별히 고려되어 있지 않다.
- [0007] 또한, 특허문헌 3에는,  $TiO_2$ 를 주성분으로 한 금속 산화물 및 금속 불화물로 이루어지는 슬래그 성분과 최적의 합금 성분 및 탈산제를 포함함으로써, 전자세 용접에 있어서의 용접 작업성 및 저온인성을 얻는 기술이 개시되어 있다. 그러나, 이 특허문헌 3의 개시 기술에서도, 탄산 가스 실드 용접이므로 용접 금속의 산소량이 많고, 특히 저온에서 우수한 CTOD값이 얻어지지 않는다고 하는 문제점이 있었다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 일본 특개 2009-61474호 공보  
(특허문헌 0002) 일본 특개 2002-361486호 공보  
(특허문헌 0003) 일본 특개 2014-113615호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0009] 그래서 본 발명은, 상술한 문제점을 감안하여 안출된 것으로, 강 구조물 등에 사용되는 강을 용접할 때에 전자세 용접에서의 용접 작업성이 양호하며, 또한 내저온균열성, 저온인성 및 CTOD 특성이 우수한 용접 금속을 얻을 수 있는 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어를 제공하는 것을 목적으로 한다.

## 과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명자들은, 실드 가스로서 탄산 가스를 사용한 루틸계의 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어에 대하여, 전자세 용접, 특히 입향상진 용접에서의 용해 금속의 메탈 홀러내림이 발생하지 않고 아크가 안정하여 스패터의 발생량이 적은 등의 용접 작업성이 양호하고,  $-60^{\circ}\text{C}$ 에서의 저온인성 및  $-30^{\circ}\text{C}$ 에서의 CTOD값이 양호하며, 내저온균열성이 우수한 용접 금속을 얻기 위해, 여러 가지 검토를 행했다.
- [0011] 그 결과,  $\text{TiO}_2$ 를 주성분으로 한 금속 산화물, Na 및 K를 포함하는 불소 화합물로 이루어지는 슬래그 성분과 최적의 합금 성분 및 탈산제를 포함하는 화학 성분으로 함으로써, 전자세에 있어서의 용접 작업성, 저온 인성 및 CTOD값이 양호한 용접 금속이 얻어지며, 또한, 성형된 강제 외피의 이음 부위가 용접되어 있어 강제 외피의 이음매를 없앴으로써, 강도가 높은 용접 금속에서도 내저온균열성을 개선할 수 있는 것을 발견했다.
- [0012] 즉, 본 발명의 요지는, 강제 외피에 플럭스를 충전하여 이루어지는 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어에 있어서, 와이어 전체 질량에 대한 질량%, 강제 외피와 플럭스의 합계로, C: 0.03~0.08%, Si: 0.2~0.7%, Mn: 1.4~3.0%, Cu: 0.01~0.5%, Ni: 0.8~3.0%, Ti: 0.05~0.5%, B: 0.002~0.015%를 함유하고, Al: 0.05% 이하이며, 또한, 와이어 전체 질량에 대한 질량%, 플럭스 중에, Ti 산화물의  $\text{TiO}_2$  환산값의 합계: 4~8%, Si 산화물의  $\text{SiO}_2$  환산값의 합계: 0.1~0.6%, Al 산화물의  $\text{Al}_2\text{O}_3$  환산값의 합계: 0.02~0.3%, Mg: 0.1~0.8%, 불소 화합물의 F 환산값의 합계: 0.05~0.3%, 불소 화합물 중에 있어서의 Na 및 K의 Na 환산값 및 K 환산값의 1종 또는 2종의 합계: 0.05~0.3%,  $\text{Na}_2\text{O}$  및  $\text{K}_2\text{O}$ 의 1종 또는 2종의 합계: 0.05~0.2%, Zr 산화물의  $\text{ZrO}_2$  환산값의 합계: 0.2% 이하를 함유하고, 잔부가 강제 외피의 Fe, 철분(鐵粉), 철 합금분(合金粉)의 Fe 분(分) 및 불가피 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한 본 발명의 요지는 성형된 강제 외피의 이음 부위가 용접되어 있음으로써 강제 외피에 이음매를 없앤 것도 특징으로 한다.

## 발명의 효과

- [0014] 본 발명의 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어에 의하면, 전자세 용접, 특히 입향상진 용접에서의 메탈 홀러내림이 발생하지 않고 아크가 안정하여 스패터의 발생량이 적은 등의 용접 작업성이 양호하고, 또한  $-60^{\circ}\text{C}$ 에서의 저온인성 및  $-30^{\circ}\text{C}$ 에서의 CTOD값이 양호하며, 내저온균열성이 우수한 용접 금속이 얻어진다. 따라서, 본 발명에 의하면, 용접능률의 향상 및 용접 금속의 품질의 향상을 도모하는 것이 가능하게 된다.

## 도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 실시예에 사용한 이음 시험의 개선(開先) 형상을 도시하는 도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 본 발명의 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어의 성분과, 그 성분 조성 및 그 함유율과, 각 성분 조성의 한정 이유에 대하여 설명한다. 또한, 각 성분 조성의 함유량은 플럭스 함유 와이어 전체 질량에 대한 질량%로 나타내는 것으로 하고, 그 질량%를 나타낼 때에는 단지 %로 기재하여 나타내는 것으로 한다.
- [0017] [강제 외피와 플럭스의 합계에서 C: 0.03~0.08%]
- [0018] C는 용접 금속의 강도 향상의 효과가 있다. 그러나, C가 0.03% 미만에서는, 용접 금속의 강도가 낮아진다. 한편, C가 0.08% 초과에서는, C가 용접 금속 중에 과잉으로 잔류함으로써, 용접 금속의 강도가 높아져, 오히려 저온인성이 저하된다. 따라서, 강제 외피와 플럭스의 합계에서 C는 0.03~0.08%로 한다. 또한, C는 강제 외피에 포함되는 성분 외에, 플럭스로부터의 금속분 및 합금분 등으로부터 첨가할 수 있다.
- [0019] [강제 외피와 플럭스의 합계에서 Si: 0.2~0.7%]
- [0020] Si는 용접시에 일부가 용접 슬래그로 됨으로써 용접 비드의 외관이나 비드 형상을 양호하게 하여, 용접 작업성의 향상에 기여한다. 그러나, Si가 0.2% 미만에서는, 비드의 외관이나 비드 형상을 양호하게 하는 효과가 충분히 얻어지지 않는다. 한편, Si가 0.7%를 초과하면, Si가 용접 금속 중에 과잉으로 잔류함으로써, 용접 금속의 저온인성이 저하된다. 따라서, 강제 외피와 플럭스의 합계에서 Si는 0.2~0.7%로 한다. 또한, Si는 강제 외피에 포함되는 성분 외에, 플럭스로부터의 금속 Si, Fe-Si, Fe-Si-Mn 등의 합금 분말로부터 첨가할 수 있다.

- [0021] [강제 외피와 플럭스의 합계에서 Mn: 1.4~3.0%]
- [0022] Mn은 용접 금속 중에 잔류함으로써, 용접 금속의 강도와 저온인성 및 CTOD값을 향상시키는 효과가 있다. 그러나, Mn이 1.4% 미만에서는, 용접 금속의 강도, 저온인성 및 CTOD값이 저하된다. 한편, Mn이 3.0%를 초과하면, Mn이 용접 금속 중에 과잉으로 잔류하여, 용접 금속의 강도가 높아짐으로써, 오히려 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값이 저하된다. 따라서, 강제 외피와 플럭스의 합계에서 Mn은 1.4~3.0%로 한다. 또한, Mn은 강제 외피에 포함되는 성분 외에, 플럭스로부터의 금속 Mn, Fe-Mn, Fe-Si-Mn 등의 합금 분말로부터 첨가할 수 있다.
- [0023] [강제 외피와 플럭스의 합계에서 Cu: 0.01~0.5%]
- [0024] Cu는 용접 금속의 조직을 미세화하고, 저온인성 및 강도를 높이는 효과가 있다. 그러나, Cu가 0.01% 미만에서는, 용접 금속의 강도 및 저온인성이 저하된다. 한편, Cu가 0.5%를 초과하면, 용접 금속의 강도가 과잉하게 되어, 오히려 저온인성이 저하된다. 따라서, 강제 외피와 플럭스의 합계에서 Cu는 0.01~0.5%로 한다. 또한, Cu는 강제 외피 표면에 행한 Cu 도금 성분 외에, 플럭스로부터의 금속 Cu, Cu-Zr, Fe-Si-Cu 등의 합금 분말로부터 첨가할 수 있다.
- [0025] [강제 외피와 플럭스의 합계에서 Ni: 0.8~3.0%]
- [0026] Ni는 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값을 향상시키는 효과가 있다. 그러나, Ni가 0.8% 미만에서는, 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값이 저하된다. 한편, Ni가 3.0%를 초과하면, 용접 금속에 고온균열이 발생하기 쉬워진다. 따라서, 강제 외피와 플럭스의 합계로 Ni는 0.8~3.0%로 한다. 또한, Ni는 강제 외피에 포함되는 성분 외에, 플럭스로부터의 금속 Ni, Fe-Ni 등의 합금 분말로부터 첨가할 수 있다.
- [0027] [강제 외피와 플럭스의 합계에서 Ti: 0.05~0.5%]
- [0028] Ti는 용접 금속의 조직을 미세화하여 저온인성 및 CTOD값을 향상시키는 효과가 있다. 그러나, Ti가 0.05% 미만에서는, 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값이 저하된다. 한편, Ti가 0.5%를 초과하면, 인성을 저해하는 상부 베이나이트 조직을 생성하여 저온인성 및 CTOD값이 낮아진다. 따라서, 강제 외피와 플럭스의 합계에서 Ti는 0.05~0.5%로 한다. 또한, Ti는 강제 외피에 포함되는 성분 외에, 플럭스로부터의 금속 Ti, Fe-Ti 등의 합금 분말로부터 첨가할 수 있다.
- [0029] [강제 외피와 플럭스의 합계에서 B: 0.002~0.015%]
- [0030] B는 미량의 첨가에 의해 용접 금속의 마이크로 조직을 미세화하여, 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값을 향상시키는 효과가 있다. 그러나, B가 0.002% 미만에서는, 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값이 저하된다. 한편, B가 0.015%를 초과하면, 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값이 저하됨과 아울러, 용접 금속에 고온균열이 발생하기 쉬워진다. 따라서, 강제 외피와 플럭스의 합계로 B는 0.002~0.015%로 한다. 또한, B는 강제 외피에 포함되는 성분 이외에, 플럭스로부터의 금속 B, Fe-B, Mn-B 등 합금 분말로부터 첨가할 수 있다.
- [0031] [강제 외피와 플럭스의 합계에서 Al: 0.05% 이하]
- [0032] Al은 용접시에 Al 산화물로서 용접 금속에 잔류하여 용접 금속의 저온인성을 저하시킨다. 특히 이 Al이 0.05%를 초과해 버리면 용접 금속의 인성 저하가 현저하게 된다. 따라서, 강제 외피와 플럭스의 합계에서 Al은 0.05% 이하로 한다. 또한 Al은 필수 원소가 아니라, 함유율이 0%로 되어도 된다.
- [0033] [플럭스 중의 Ti 산화물의  $TiO_2$  환산값의 합계: 4~8%]
- [0034] Ti 산화물은, 용접시에 아크의 안정화에 기여함과 아울러, 비드 형상을 양호하게 하여, 용접 작업성의 향상에 기여하는 효과가 있다. 또한 Ti 산화물은, 입향상진 용접에 있어서, 용접 슬래그에 포함됨으로써 용융 슬래그의 점성이나 용점을 조정하여, 메탈 흘러내림을 막는 효과가 있다. 그러나, Ti 산화물의  $TiO_2$  환산값의 합계가 4% 미만에서는, 아크가 불안정하여, 스패터 발생량이 많아져 비드 외관 및 비드 형상이 열화된다. 또한 이러한  $TiO_2$  환산값의 합계가 4% 미만에서는, 입향상진 용접에서 메탈이 흘러내리기 쉬워진다. 한편, Ti 산화물의  $TiO_2$  환산값의 합계가 8%를 초과하면, 아크가 안정하여 스패터 발생량도 적게 할 수 있지만, 용접 금속에 Ti 산화물이 과잉으로 잔존함으로써, 저온인성이 저하된다. 따라서, 플럭스 중의 Ti 산화물의  $TiO_2$  환산값의 합계는 4~8%로 한다. 또한, Ti 산화물은 플럭스로부터의 루틸, 산화 타이타늄, 타이타늄 슬래그, 일메나이트 등으로부터 첨가된다.



- [0035] [플럭스 중의 Si 산화물의  $\text{SiO}_2$  환산값의 합계: 0.1~0.6%]
- [0036] Si 산화물은 용융 슬래그의 점성이나 용점을 조정하여 슬래그 피포성을 향상시키는 효과가 있다. 그러나, Si 산화물의  $\text{SiO}_2$  환산값의 합계가 0.1% 미만에서는, 슬래그 피포성이 저하되어 비드 외관이 불량하게 된다. 한편, Si 산화물의  $\text{SiO}_2$  환산값의 합계가 0.6%를 초과하면, 용융 슬래그의 염기도가 저하됨으로써, 용접 금속의 산소량이 증가하여 저온인성이 저하된다. 따라서, 플럭스 중의 Si 산화물의  $\text{SiO}_2$  환산값의 합계는 0.1~0.6%로 한다. 또한, Si 산화물은 플럭스로부터의 규사, 지르콘 샌드, 규산 소다 등으로부터 첨가할 수 있다.
- [0037] [플럭스 중의 Al 산화물의  $\text{Al}_2\text{O}_3$  환산값의 합계: 0.02~0.3%]
- [0038] Al 산화물은 용접시에 용접 슬래그의 점성이나 용점을 조정하고, 특히 입향상진 용접에 있어서의 메탈의 흘러내림을 막는 효과가 있다. 그러나, Al 산화물의  $\text{Al}_2\text{O}_3$  환산값의 합계가 0.02% 미만에서는, 입향상진 용접에서 메탈이 흘러내리기 쉬워진다. 한편, Al 산화물의  $\text{Al}_2\text{O}_3$  환산값의 합계가 0.3%를 초과하면, 용접 금속 중에 Al 산화물이 과잉으로 잔존함으로써, 저온인성이 저하된다. 따라서, 플럭스에 함유하는 Al 산화물의  $\text{Al}_2\text{O}_3$  환산값의 합계는 0.02~0.3%로 한다. 또한, Al 산화물은 플럭스로부터의 알루미늄 등으로부터 첨가할 수 있다.
- [0039] [플럭스 중의 Mg: 0.1~0.8%]
- [0040] Mg는 강탈산제로서 기능함으로써 용접 금속 중의 산소를 저감시켜, 용접 금속의 저온인성을 높이는 효과가 있다. 그러나, Mg가 0.1% 미만에서는, 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값이 저하된다. 한편, Mg가 0.8%를 초과하면, 용접시에 아크 중에서 격렬하게 산소와 반응하여 스패터나 폼의 발생량이 많아진다. 따라서, 플럭스 중에 함유하는 Mg는 0.1~0.8%로 한다. 또한, Mg는 플럭스로부터 금속 Mg, Al-Mg 등의 합금 분말로부터 첨가할 수 있다.
- [0041] [플럭스 중의 불소 화합물의 F 환산값의 합계: 0.05~0.3%]
- [0042] 불소 화합물은 아크를 안정시키는 효과가 있다. 그러나, 불소 화합물의 F 환산값의 합계가 0.05% 미만에서는, 아크가 불안정하게 된다. 한편, 불소 화합물의 F 환산값의 합계가 0.3%를 초과하면, 아크가 불안정하게 되어, 스패터의 발생량이 많아진다. 또한 불소 화합물 중의 F 환산값의 합계가 0.3%를 초과하면, 입향상진 용접에서는 메탈 흘러내림이 발생하기 쉬워진다. 따라서, 플럭스에 함유하는 불소 화합물의 F 환산값의 합계는 0.05~0.3%로 한다. 또한, 불소 화합물은  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{LiF}$ ,  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{K}_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,  $\text{AlF}_3$  등으로부터 첨가할 수 있고, F 환산값은 그것들에 함유되는 F량의 합계이다.
- [0043] [플럭스 중의 불소 화합물 중에서의 Na 및 K의 Na 환산값 및 K 환산값의 1종 또는 2종의 합계: 0.05~0.3%]
- [0044] 불소 화합물 중의 Na 및 K는 Mg만으로는 불가능했던 용접 금속 중의 산소를 더욱 저감시켜, 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값을 높이는 효과가 있다. 그러나, 불소 화합물 중에서의 Na 및 K의 Na 환산값 및 K 환산값의 1종 또는 2종의 합계가 0.05% 미만에서는, 이것들의 효과가 충분히 얻어지지 않고 용접 금속의 저온인성 및 CTOD값이 저하된다. 한편, 불소 화합물 중에서의 Na 및 K의 Na 환산값 및 K 환산값의 1종 또는 2종의 합계가 0.3%를 초과하면, 아크가 심해져 스패터 발생량이 많아진다. 따라서, 불소 화합물 중에서의 Na 및 K의 Na 환산값 및 K 환산값의 1종 또는 2종의 합계는 0.05~0.3%로 한다. 또한, 불소 화합물 중의 Na 및 K는  $\text{NaF}$ ,  $\text{K}_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  등으로부터 첨가할 수 있고, Na 및 K 환산값은 그것들에 함유되는 Na 및 K의 합계이다.
- [0045] [플럭스 중의  $\text{Na}_2\text{O}$  및  $\text{K}_2\text{O}$ 의 1종 또는 2종의 합계: 0.05~0.2%]
- [0046]  $\text{Na}_2\text{O}$  및  $\text{K}_2\text{O}$ 는 아크 안정제 및 슬래그 형성제로서 작용한다.  $\text{Na}_2\text{O}$  및  $\text{K}_2\text{O}$ 의 1종 또는 2종의 합계가 0.05% 미만이면, 아크가 불안정하게 되어 스패터 발생량이 많아지고, 또한 비드 외관도 불량하게 된다. 한편,  $\text{Na}_2\text{O}$  및  $\text{K}_2\text{O}$ 의 1종 또는 2종의 합계가 0.2%를 초과하면, 슬래그 박리성이 불량하게 되고, 또한 입향상진 용접에서는 메탈이 흘러내리기 쉬워진다. 따라서,  $\text{Na}_2\text{O}$  및  $\text{K}_2\text{O}$ 의 1종 또는 2종의 합계는 0.05~0.2%로 한다. 또한,  $\text{Na}_2\text{O}$  및  $\text{K}_2\text{O}$ 는 규산 소듐 및 규산 포타슘으로 이루어지는 물유리의 고질(固質) 성분, 타이타늄산 포타슘, 타이타늄산 소듐 등으로부터 첨가할 수 있다.
- [0047] [플럭스 중의 Zr 산화물의  $\text{ZrO}_2$  환산값의 합계: 0.2% 이하]

[0048] Zr 산화물은 지르콘 샌드나 산화 지르코늄으로부터 첨가된다. 또한 Zr 산화물은 Ti 산화물 중에 미량 함유한다. 그러나, Zr 산화물은 슬래그 박리성을 불량하게 하고, 특히 그 함유량이 0.2%를 초과하면, 슬래그 박리성이 현저하게 불량하게 된다. 따라서, Zr 산화물의  $ZrO_2$  환산값의 합계는 0.2% 이하로 한다.

[0049] [강제 외피에 이음매가 없는 것]

[0050] 본 발명의 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어는, 강제 외피를 파이프 형상으로 성형하고, 그 내부에 플럭스를 충전한 구조이다. 와이어의 종류로서는, 성형된 강제 외피의 이음 부위를 용접하여 얻어지는 강제 외피에 이음매가 없는 와이어와, 강제 외피의 이음 부위의 용접을 행하지 않은 채로 한 강제 외피에 이음매를 갖는 와이어로 대별할 수 있다. 본 발명에서는, 어느 종류의 와이어도 채용할 수 있지만, 강제 외피에 이음매가 없는 와이어는 와이어 중의 전체 수소량을 저감하는 것을 목적으로 한 열처리가 가능하며, 또한 제조 후의 플럭스의 흡습이 없기 때문에, 용접 금속의 확산성 수소량을 저감하여, 내저온균열성의 향상을 도모할 수 있으므로, 보다 바람직하다.

[0051] 본 발명을 적용한 탄산 가스 실드 아크 용접용 플럭스 함유 와이어의 잔부는 강제 외피의 Fe, 성분 조정을 위해 첨가하는 철분, Fe-Mn, Fe-Si 합금 등의 철 합금분의 Fe 분 및 불가피 불순물이다. 또한 플럭스 충전물은 특별히 제한은 하지 않지만, 생산성의 관점에서, 와이어 전체 질량에 대하여 8~20%로 하는 것이 바람직하다.

[0052] [실시예]

[0053] 이하, 본 발명의 효과를 실시예에 의해 구체적으로 설명한다.

[0054] 강제 외피에 JIS G 3141에 규정되는 SPCC를 사용하고, 강제 외피를 성형하는 공정에서 U형으로 성형한 후, 강제 외피의 이음 부위를 용접한 이음매가 없는 와이어와, 용접하지 않은 간극이 있는 와이어를 관으로 만들고, 연신하여 표 1~4에 나타내는 각종 성분의 플럭스 함유 와이어를 시작(試作)했다. 와이어 직경은 1.2mm로 했다.

표 1

구분	와이어 기호	와이어 성분 (질량%)												
		강제 외피와 플럭스의 합계								플럭스				
		C	Si	Mn	Cu	Ni	Ti	B	Al	TiO <sub>2</sub> 환산값	SiO <sub>2</sub> 환산값	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 환산값	Mg	* F 환산값
제1 실시예	W1	0.04	0.45	2.03	0.02	2.05	0.49	0.0086	0.02	5.24	0.41	0.21	0.46	0.15
	W2	0.05	0.37	1.89	0.45	1.98	0.28	0.0054	0.01	7.09	0.57	0.07	0.35	0.23
	W3	0.03	0.57	2.94	0.37	2.17	0.27	0.0108	0.04	6.51	0.35	0.11	0.11	0.25
	W4	0.07	0.48	2.32	0.28	1.52	0.05	0.0125	0.03	4.67	0.25	0.18	0.44	0.05
	W5	0.08	0.21	1.42	0.08	1.08	0.36	0.0041	0.01	5.85	0.15	0.23	0.53	0.17
	W6	0.04	0.51	2.23	0.11	2.95	0.18	0.0068	0.01	6.72	0.24	0.19	0.71	0.11
	W7	0.06	0.33	1.95	0.22	1.17	0.41	0.0031	0.02	7.66	0.19	0.02	0.18	0.23
	W8	0.05	0.29	2.16	0.48	1.94	0.35	0.0115	0.04	5.06	0.47	0.22	0.76	0.08
	W9	0.05	0.61	2.02	0.17	2.47	0.09	0.0024	0.02	6.88	0.39	0.05	0.21	0.17
	W10	0.06	0.43	2.15	0.32	2.11	0.12	0.0124	0.04	4.05	0.42	0.12	0.57	0.19
	W11	0.04	0.68	1.89	0.41	1.55	0.29	0.0045	0.02	7.23	0.17	0.14	0.63	0.22
	W12	0.06	0.35	2.22	0.33	0.95	0.33	0.0142	0.01	4.58	0.51	0.27	0.42	0.09
	W13	0.05	0.41	2.07	0.24	2.16	0.42	0.0039	0.03	6.45	0.14	0.09	0.15	0.14
	W14	0.07	0.39	1.95	0.35	0.83	0.26	0.0107	0.02	5.27	0.47	0.25	0.64	0.17
	W15	0.05	0.44	2.16	0.09	2.03	0.32	0.0113	0.03	6.08	0.36	0.17	0.48	0.28

[0055] \*: 불소 화합물은  $CaF_2, AlF_3, NaF, K_2SiF_6, K_2ZrF_6$  및  $Na_3AlF_6$ 의 1종 또는 2종 이상을 사용하였다.



표 2

구분	와이어 기호	와이어 성분 (질량%)								
		플렉스								와이어 이음매
		** 불소 화합물 중의			Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O와 K <sub>2</sub> O의 합계	ZrO <sub>2</sub> 환산값	*** 기타	
		Na 환산값	K 환산값	Na 환산값과 K 환 산값의 합계						
비교예	W1	0.12	0.03	0.15	0.04	0.07	0.11	0.07	잔부	무
	W2	0.09	0.03	0.22	0.09	0.07	0.16	0.06	잔부	무
	W3	0.14	0.08	0.22	0.08	-	0.08	0.04	잔부	무
	W4	0.06	-	0.06	-	0.09	0.09	0.02	잔부	유
	W5	0.09	0.09	0.18	0.04	0.08	0.12	0.14	잔부	무
	W6	-	0.09	0.09	-	0.06	0.06	0.12	잔부	무
	W7	0.15	-	0.15	0.11	0.03	0.14	0.08	잔부	유
	W8	0.04	0.05	0.09	0.12	0.05	0.17	0.19	잔부	무
	W9	0.05	0.12	0.17	0.09	-	0.09	0.04	잔부	무
	W10	0.06	0.06	0.12	0.08	0.11	0.19	0.05	잔부	무
	W11	0.07	0.11	0.18	0.06	0.09	0.15	0.08	잔부	유
	W12	0.08	-	0.08	0.05	0.06	0.11	0.11	잔부	무
	W13	0.08	0.07	0.15	0.09	0.08	0.17	0.06	잔부	무
	W14	0.12	0.04	0.16	0.05	0.11	0.16	0.08	잔부	무
	W15	0.15	0.11	0.26	-	0.12	0.12	0.05	잔부	무

\*\* : 불소 화합물 중의 Na 및 K는 NaF, K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, K<sub>2</sub>ZrF<sub>6</sub> 및 Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>의 1종 또는 2종 이상을 사용하였다.

\*\*\* : 기타는 강제 외피의 Fe, 철분, 철 합금의 Fe 분 및 불가피 불순물

[0056]

표 3

구분	와이어 기호	와이어 성분 (질량%)												
		강제 외피와 플렉스의 합계								플렉스				
		C	Si	Mn	Cu	Ni	Ti	B	Al	TiO <sub>2</sub> 환산값	SiO <sub>2</sub> 환산값	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 환산값	Mg	* F 환산값
비교예	W16	0.02	0.29	1.69	0.34	2.04	0.22	0.0088	0.03	5.86	0.42	0.11	0.61	0.05
	W17	0.09	0.55	2.07	0.09	2.42	0.34	0.0051	0.02	6.55	0.35	0.09	0.52	0.22
	W18	0.06	0.14	2.11	0.42	2.07	0.09	0.0109	0.01	7.14	0.18	0.22	0.04	0.08
	W19	0.06	0.75	2.34	0.31	1.94	0.15	0.0097	0.04	6.35	0.54	0.19	0.48	0.07
	W20	0.05	0.38	1.32	0.26	1.49	0.26	0.0063	0.03	4.98	0.48	0.09	0.36	0.11
	W21	0.06	0.45	3.08	0.33	1.54	0.31	0.0081	0.03	5.72	0.31	0.05	0.29	0.23
	W22	0.05	0.29	1.49	0.004	1.62	0.27	0.0115	0.03	7.03	0.29	0.18	0.71	0.18
	W23	0.06	0.51	2.43	0.56	2.48	0.35	0.0123	0.02	6.52	0.17	0.27	0.58	0.14
	W24	0.05	0.38	1.89	0.28	0.73	0.42	0.0107	0.02	5.88	0.39	0.15	0.62	0.29
	W25	0.05	0.27	2.28	0.08	3.09	0.28	0.0014	0.01	5.31	0.45	0.16	0.43	0.17
	W26	0.06	0.48	2.79	0.27	0.99	0.02	0.0125	0.04	6.45	0.54	0.25	0.39	0.36
	W27	0.04	0.56	1.72	0.17	1.88	0.55	0.0054	0.01	7.05	0.32	0.17	0.52	0.02
	W28	0.05	0.64	2.15	0.36	2.15	0.11	0.0161	0.02	6.13	0.35	0.12	0.85	0.23
	W29	0.05	0.51	2.24	0.25	2.31	0.07	0.0091	0.06	6.21	0.04	0.11	0.18	0.16
	W30	0.05	0.39	1.98	0.27	1.97	0.35	0.0048	0.03	3.48	0.46	0.36	0.25	0.09
	W31	0.04	0.45	2.05	0.44	2.01	0.44	0.0052	0.02	8.09	0.22	0.01	0.46	0.22
	W32	0.05	0.38	2.13	0.31	2.23	0.29	0.0084	0.01	5.84	0.66	0.22	0.43	0.18

\* : 불소 화합물은 CaF<sub>2</sub>, AlF<sub>3</sub>, NaF, K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, K<sub>2</sub>ZrF<sub>6</sub> 및 Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>의 1종 또는 2종 이상을 사용하였다.

[0057]

표 4

구분	와이어 기호	와이어 성분 (질량%)								와이어 이음매
		플럭스								
		** 불소 화합물 중의			Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O와 K <sub>2</sub> O의 합계	ZrO <sub>2</sub> 환산값	*** 기타	
Na환산값	K환산값	Na환산값과K환 산값의 합계								
비 교 예	W16	-	0.03	0.03	0.05	0.07	0.12	0.05	잔부	무
	W17	0.11	0.08	0.19	-	0.06	0.06	0.03	잔부	유
	W18	-	0.07	0.07	0.07	0.11	0.18	0.04	잔부	무
	W19	0.06	-	0.06	0.09	-	0.09	0.25	잔부	무
	W20	0.09	-	0.09	0.11	0.15	0.26	0.11	잔부	무
	W21	0.15	0.06	0.21	0.06	0.03	0.09	0.06	잔부	유
	W22	0.09	0.09	0.18	0.02	-	0.02	0.07	잔부	무
	W23	0.08	0.07	0.15	0.05	0.06	0.11	0.13	잔부	유
	W24	0.21	0.14	0.35	0.09	0.08	0.17	0.07	잔부	무
	W25	0.09	0.07	0.16	0.05	0.09	0.14	0.04	잔부	무
	W26	0.21	0.08	0.29	0.11	0.07	0.18	0.05	잔부	무
	W27	-	0.05	0.05	0.04	0.11	0.15	0.03	잔부	무
	W28	0.13	0.09	0.22	0.11	0.08	0.19	0.02	잔부	무
	W29	0.08	0.06	0.14	0.05	0.12	0.17	0.07	잔부	무
	W30	0.08	-	0.08	0.05	0.08	0.13	0.05	잔부	무
	W31	0.13	0.08	0.21	0.07	0.07	0.14	0.04	잔부	무
	W32	0.09	0.09	0.18	0.12	-	0.12	0.06	잔부	무

\*\* : 불소 화합물 중의 Na 및 K는 NaF, K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, K<sub>2</sub>ZrF<sub>6</sub> 및 Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>의 1종 또는 2종 이상을 사용하였다.

\*\*\* : 기타는 강재 외피의 Fe, 철분, 철 합금의 Fe분 및 불가피 불순물

[0058]

[0059]

시작된 와이어는, JIS Z G3126 SLA365에 규정되는 강판을 사용하여 입향상진 필렛 용접에 의한 용접 작업성의 평가, 용접 균열 시험 및 용착 금속 시험으로서 기계 특성 평가를 실시했다. 또한, 일부의 시작 와이어를 사용하여 도 1에 도시하는 K 개선에서 입향상진 용접에 의한 용접 이음 시험을 행하고 CTOD 시험을 실시했다. 아울러, 이 K 개선에서는, 개선 각도를 45°로 설정하고, 표면측의 개선 깊이를 23mm, 이면측의 개선 깊이를 35mm로 하고 있다. 이들 용접 조건을 표 5에 나타낸다.

표 5

시험 항목	용접 자세	관두께 (mm)	용접법	실드 가스	개선	전류 (A)	전압 (V)	용접 속도 (cm/min)
용접 작업성 평가	입향상진	12	반자동 MAG	100%CO <sub>2</sub> 25L/분	T형 필렛	210	23	약 10
용착 금속 시험	하향	20	자동 MAG		JIS Z 3111 준거	270	29	30
용접 균열 시험	하향	40	자동 MAG		편측 20° U개선	240	26	22
용접 이음 시험 (CTOD)	입향상진	60	반자동 MAG		도 1(K개선)	190 ~ 220	21 ~ 25	19~23

[0060]

[0061]

입향상진 용접에 의한 용접 작업성의 평가는 반자동 MAG 용접을 했을 때의 아크의 안정성, 스파터 발생 상태, 용융 메탈 흘러내림의 유무, 비드 외관·형상, 슬래그 박리성 및 고온균열의 유무에 대해 조사했다.

[0062]

용접 균열 시험은, U형 용접 균열 시험 방법(JIS Z 3157)에 준거하여, 시험체의 예열온도를 75℃로 실시하고, 용접 후 58시간 경과한 시험체에 대하여, 표면 균열 및 단면 균열(5단면)의 발생의 유무를 침투 탐상 시험(JIS Z 2343)에 의해 조사했다.

[0063]

용착 금속 시험은, JIS Z 3111에 준하여 용접하고, 용착 금속의 관 두께 방향 중앙부로부터 인장 시험편(A0호)

및 충격 시험편(V 노치 시험편)을 채취하여, 기계시험을 실시했다. 인성의 평가는, -60℃에서의 샤르피 충격 시험에 의해 행하고, 각각 반복 3개의 흡수 에너지의 평균(vE-60)이 60J 이상을 양호로 했다. 인장 시험의 평가는 인장강도(TS)가 600~770MPa의 것을 양호로 했다.

[0064]

용접 이음 시험은 도 1에 도시하는 K 개선의 이면을 용접 후, 표면의 강판 표면으로부터 34mm 깊이까지 개선부를 반경 6mm, 개선 각도 45°의 뒷면고르기 가공을 하고 표면층을 용접했다. 용접 이음 시험에 의한 CTOD값의 평가는, BS(영국규격) 5762에 준하여 CTOD 시험편을 채취하고, 시험온도 -30℃에서 반복하여 3개의 시험을 행하고 CTOD값의 최저가 0.5mm 이상을 양호로 했다. 이들 결과를 표 6에 정리하여 나타낸다.

표 6

구분	와이어 기호	용접 작업성 조사 결과	U형 균열 시험 결과	기계 시험 결과			총합 평가
			균열의 유무	TS (MPa)	vE-60 (J)	CTOD 값 -30℃ (mm)	
본 발명에	W1	양호	없음	750	92	-	○
	W2	양호	없음	670	83	0.73	○
	W3	양호	없음	761	76	-	○
	W4	양호	없음	619	89	-	○
	W5	양호	없음	644	82	0.65	○
	W6	양호	없음	670	103	-	○
	W7	양호	없음	708	80	-	○
	W8	양호	없음	740	74	-	○
	W9	양호	없음	602	98	0.82	○
	W10	양호	없음	644	74	1.05	○
	W11	양호	없음	635	87	-	○
	W12	양호	없음	695	78	-	○
	W13	양호	없음	766	79	0.71	○
	W14	양호	없음	646	77	-	○
	W15	양호	없음	705	85	-	○
비교예	W16	양호	없음	550	38	0.23	×
	W17	양호	있음	843	55	-	×
	W18	비드 외관·형상 불량	없음	613	49	0.19	×
	W19	슬래그 박리성 불량	없음	690	54	-	×
	W20	슬래그 박리성 불량, 메탈 흘러내림	없음	571	51	0.21	×
	W21	양호	있음	837	53	0.24	×
	W22	아크 불안정, 스파터 많음 비드 외관 불량	없음	581	52	-	×
	W23	양호	있음	852	48	-	×
	W24	스파터 많음	없음	659	39	0.29	×
	W25	크레이터 균열	없음	753	35	0.17	×
	W26	아크 불안정, 스파터 많음 메탈 흘러내림	없음	603	46	0.25	×
	W27	아크 불안정	없음	750	48	0.22	×
	W28	크레이터 균열, 스파터 많음 폼 많음	없음	627	51	0.31	×
	W29	비드 외관 불량	없음	611	55	-	×
	W30	아크 불안정, 스파터 많음 비드 외관 불량, 메탈 흘러내림	없음	706	53	-	×
	W31	메탈 흘러내림	없음	756	49	-	×
	W32	양호	없음	711	47	-	×

[0065]

[0066]

표 1, 표 2 및 표 6의 와이어 기호 W1~W15는 본 발명에, 표 3, 표 4 및 표 6의 와이어 기호 W16~W32는 비교예이다. 본 발명에인 와이어 기호 W1~W15는 각 성분의 조성이 본 발명에서 규정한 범위 내이므로, 용접 작업성

이 양호함과 아울러, U형 균열 시험에서 균열이 없고, 용착 금속 시험의 인장강도 및 흡수 에너지도 양호한 값이 얻어지는 등 극히 만족한 결과였다. 또한 용접 이음 시험을 실시한 와이어 기호 W2, W5, W9, W10 및 와이어 기호 W13은 모두 양호한 CTOD값이 얻어졌다.

- [0067] 비교예 중, 와이어 기호 16은 C가 적으므로, 용착 금속의 인장강도가 낮았다. 또한 불소 화합물 중의 Na 및 K 환산값이 적으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이며, 용접 이음 시험의 CTOD값도 낮은 값이었다.
- [0068] 와이어 기호 W17은 C가 많으므로, 용착 금속의 인장강도가 높고, 흡수 에너지가 낮은 값이었다. 또한 강제 외력에 이음매를 갖고 용착 금속의 인장강도가 높으므로, U형 균열 시험에서 용접부에 균열이 생겼다.
- [0069] 와이어 기호 W18은 Si가 적으므로, 비드 외관·형상이 불량이었다. 또한 Mg가 적으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이고, 용접 이음 시험의 CTOD값도 낮은 값이었다.
- [0070] 와이어 기호 W19는 Si가 많으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이었다. 또한 Zr 산화물의  $ZrO_2$  환산값이 많으므로, 슬래그 박리성이 불량이었다.
- [0071] 와이어 기호 W20은 Mn이 적으므로, 용착 금속의 인장강도가 낮고 흡수 에너지가 낮은 값이었다. 또한 용접 이음 시험의 CTOD값도 낮은 값이었다. 또한,  $Na_2O$ 와  $K_2O$ 의 합계가 많으므로, 슬래그 박리성이 불량하고, 메탈 흘러내림도 발생했다.
- [0072] 와이어 기호 W21은 Mn이 많으므로, 용착 금속의 인장강도가 높고, 흡수 에너지가 낮은 값이었다. 또한 강제 외력에 이음매를 갖고 용착 금속의 인장강도가 높으므로, U형 균열 시험에서 용접부에 균열이 발생했다. 또한, 용접 이음 시험의 CTOD값도 낮은 값이었다.
- [0073] 와이어 기호 W22는 Cu가 적으므로, 용착 금속의 인장강도가 낮고 흡수 에너지가 낮은 값이었다. 또한  $Na_2O$ 와  $K_2O$ 의 합계가 적으므로, 아크가 불안정하여 스패터 발생량이 많고 비드 외관도 불량이었다.
- [0074] 와이어 기호 W23은 Cu가 많으므로, 용착 금속의 인장강도가 높고, 흡수 에너지가 낮은 값이었다. 또한 강제 외력에 이음매를 갖고 용착 금속의 인장강도가 높으므로, U형 균열 시험에서 용접부에 균열이 발생했다.
- [0075] 와이어 기호 W24는 Ni가 적으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이며, 용접 이음 시험의 CTOD값도 낮은 값이었다. 또한 불소 화합물 중의 Na 및 K 환산값이 많으므로, 스패터 발생량이 많았다.
- [0076] 와이어 기호 W25는 Ni가 많으므로, 크레이터부에 고온균열이 발생했다. 또한 B가 적으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이며, 용접 이음 시험의 CTOD값도 낮은 값이었다.
- [0077] 와이어 기호 W26은 Ti가 적으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이며, 용접 이음 시험의 CTOD값도 낮은 값이었다. 또한 불소 화합물의 F 환산값이 많으므로, 아크가 불안정하여 스패터 발생량이 많고, 메탈 흘러내림도 발생했다.
- [0078] 와이어 기호 W27은 Ti가 많으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이며, 용접 이음 시험의 CTOD값도 낮은 값이었다. 또한 불소 화합물의 F 환산값이 적으므로, 아크가 불안정했다.
- [0079] 와이어 기호 W28은 B가 많으므로, 크레이터부에 고온균열이 발생하고, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이었다. 또한 용접 이음 시험의 CTOD값도 낮은 값이었다. 또한, Mg가 많으므로, 스패터 발생량 및 폼의 발생량이 많았다.
- [0080] 와이어 기호 W29는 Al이 많으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이었다. 또한 Si 산화물의  $SiO_2$  환산값이 적으므로, 슬래그 피포성이 나쁘고 비드 외관이 불량이었다.
- [0081] 와이어 기호 W30은 Ti 산화물의  $TiO_2$  환산값이 적으므로, 아크가 불안정하여 스패터 발생량이 많아, 비드 외관이 불량하고 메탈 흘러내림도 발생했다. 또한 Al 산화물의  $Al_2O_3$  환산값이 많으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이었다.
- [0082] 와이어 기호 W31은 Ti 산화물의  $TiO_2$  환산값이 많으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이었다. 또한 Al 산화물의  $Al_2O_3$  환산값이 적으므로, 메탈 흘러내림이 발생했다.
- [0083] 와이어 기호 W32는 Si 산화물의  $SiO_2$  환산값이 많으므로, 용착 금속의 흡수 에너지가 낮은 값이었다.

도면

도면1

