



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년01월10일  
(11) 등록번호 10-1220618  
(24) 등록일자 2013년01월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B23K 35/36 (2006.01) C22C 38/28 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2010-0136116  
(22) 출원일자 2010년12월27일  
심사청구일자 2010년12월27일  
(65) 공개번호 10-2012-0074152  
(43) 공개일자 2012년07월05일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020060105602 A  
KR1020120014412 A  
KR1020080045633 A  
KR1020100074940 A

(73) 특허권자  
주식회사 포스코  
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)  
(72) 발명자  
한일욱  
경상북도 포항시 남구 동해안로 6262, 포항제철소  
내 (동촌동)  
이봉근  
경상북도 포항시 남구 동해안로 6262, 포항제철소  
내 (동촌동)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 방승훈

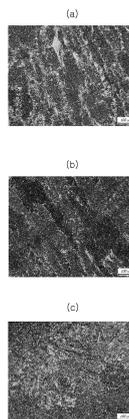
(54) 발명의 명칭 용접이음부 저온인성 및 용접작업성이 우수한 플럭스 코어드 아크 용접 와이어 및 이를 이용한 용접이음부

**(57) 요약**

본 발명은 용접이음부의 저온 인성을 향상시킬 수 있는 플럭스 코어드 아크 용접 와이어 및 이를 이용한 용접이음부를 제공하고자 하는 것으로서, 중량%로, C: 0.01~0.1%, Si: 0.3~1.4%, Mn: 1.0~3.0%, Ti+TiO: 4.0~7.5%, Ni: 0.01~3.0%, B: 0.01~0.2%를 포함하고,

Y: 0.02~0.42% 또는 REM: 0.02~0.56%을 포함하고 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 플럭스 코어드 아크 용접 와이어 및 이를 이용한 용접이음부를 제공한다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**김정길**

경상북도 포항시 남구 동해안로 6262, 포항제철소  
내 (동촌동)

**이홍길**

경상북도 포항시 남구 동해안로 6262, 포항제철소  
내 (동촌동)

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

중량%로, C: 0.01~0.1%, Si: 0.3~1.4%, Mn: 1.0~3.0%, Ti+TiO: 4.0~7.5%, Ni: 0.01~3.0%, B: 0.01~0.2%를 포함하고,

Y: 0.02~0.42% 또는 REM: 0.02~0.56%을 포함하고 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 용접이음부 저온 인성 및 용접작업성이 우수한 플럭스 코어드 아크 용접 와이어.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서,

상기 Y 및 REM을 모두 포함하는 경우, Y 및 REM의 합은 0.19~0.65%인 용접이음부 저온인성 및 용접작업성이 우수한 플럭스 코어드 아크 용접 와이어.

**청구항 3**

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 용접 와이어는 Nb: 0.15%이하를 더 포함하는 용접이음부 저온인성 및 용접작업성이 우수한 플럭스 코어드 아크 용접 와이어.

**청구항 4**

청구항 1에 있어서,

상기 플럭스 코어드 용접 와이어는 280A-30V의 용접 조건으로 아크 용접시 스파터 발생량이 2.0mg/min이하인 용접작업성이 우수한 플럭스 코어드 아크 용접 와이어.

**청구항 5**

중량%로, C: 0.01~0.1%, Si: 0.1~0.5%, Mn: 0.5~2.0%, Ti: 0.02~0.1%, Ni: 0.01~3.0%, B: 5~60ppm를 포함하고,

Y: 5~250ppm 및 REM: 5~250ppm 중 1종 또는 2종을 포함하고, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 저온 인성 및 용접작업성이 우수한 용접이음부.

**청구항 6**

청구항 5에 있어서,

상기 용접이음부는 Nb: 0.02%이하를 더 포함하는 저온인성 및 용접작업성이 우수한 용접이음부.

**청구항 7**

청구항 5 또는 6에 있어서,

상기 용접이음부는 Ti, Mn, Y 및 REM 중 하나 이상으로 이루어진 복합 개재물을 포함하고, 평균 입경 0.01~0.1

μm인 복합 개재물이 전체 복합 개재물의 65%이하인 저온인성 및 용접작업성이 우수한 용접이음부.

**청구항 8**

청구항 7에 있어서,

상기 복합 개재물의 개수가 1mm당 200개 이상인 저온인성 및 용접작업성이 우수한 용접이음부

**청구항 9**

청구항 5 또는 6에 있어서,

상기 용접이음부의 구오스테나이트 크기가 400μm이하인 저온인성 및 용접작업성이 우수한 용접이음부.

**청구항 10**

청구항 5 또는 6에 있어서,

상기 용접이음부의 미세조직은 침상 페라이트가 면적분율로 86% 이상인 저온인성 및 용접작업성이 우수한 용접이음부.

**청구항 11**

청구항 5 또는 6에 있어서,

상기 용접이음부는 -80℃에서 저온 충격인성이 60J 이상인 저온인성 및 용접작업성이 우수한 용접이음부.

**청구항 12**

청구항 5 또는 6에 있어서,

상기 용접이음부는 -60℃에서 저온 CTOD 특성이 0.25mm이상인 저온인성 및 용접작업성이 우수한 용접이음부.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 해양구조물, 에너지, 조선, 건축, 교량 및 압력용기 등의 플럭스 코어드 아크 용접(Flux Cored Arc Welding, FCAW)시 사용되는 플럭스 코어드 아크 용접 와이어 및 이를 이용한 용접이음부에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 최근 선박, 건축 및 해양 구조물 등은 부가가치의 확보를 위해 대형화가 이루어지고 있으며, 이와 동시에, 한냉지 및 심해지역 등으로 그 범위가 확대되고 있다. 따라서, 상기 구조물 등은 한번의 사고로 치명적인 환경, 인명, 재산상의 손실을 초래하게 됨으로, 적용되는 강재는 고강도, 극후물화 및 저온인성이 높은 소재가 사용되고 있다.

[0003] 이러한 강재의 개발과 더불어 견전하고 효율적인 용접이 필요로 하게 되며, 이들 강재를 용접하는 방법으로 가장 널리 사용되는 용접기술이 바로 플럭스 코어드 아크 용접(Flux Cored Arc Weld, FCAW) 기술이다.

- [0004] 상기 구조물에서 가장 널리 사용되는 강재는 항복점(YP) 320~420MPa, 항복강도(YS) 460~560MPa 급이 가장 폭넓게 사용되고 있으며, 이들 강재의 용접이음부도 모재와 동일 하거나 높은 수준의 특성을 나타내어야 한다. 상기 특성을 만족시키면서, 한랭지 등에 사용되는 경우 용접이음부의 저온인성(저온충격, CTOD)도 높은 수준을 나타내어야 한다.
- [0005] 일반적으로, 용접시 형성되는 용접이음부는 용접재료가 용융되면서 일부 강재가 희석되어 용융풀을 형성하다가 이후 응고하면서 조대한 주상정 조직으로 발달하게 되는데, 이러한 조직은 용접재료 및 용접시공시 입열량에 따라 변화하게 되며, 이러한 용접이음부는 조대한 오스테나이트 결정입계를 따라서 조대한 입계 페라이트, 위드만스테텐 페라이트(Widmanstatten ferrite), 마르텐사이트 및 도상 마르텐사이트(M-A, Martensite Austenite constituent)등이 형성되어 충격인성이 가장 열화되는 문제점이 있다.
- [0006]
- [0007] 따라서, 해양구조물 등의 용접재료 대부분은 -40℃ ~ -80℃ 정도까지의 샤르피 저온 충격 인성을 확보하기 위해 탈산, 탈질, 탈수소 원소의 첨가와 함께 Ni, Ti 및 B 등의 합금 원소 복합 첨가를 통한 용접금속 조직의 미세화를 추구하고 있다. Ti-B-Ni 복합첨가에 의한 인성 향상수단은 CTOD와 같은 인성특성의 향상 요구에 대응하기 위해 1980년대초에 개발되어, 실용화가 이루어져 왔으며, 현재 YP 550MPa급 이하의 다양한 용접재료에서 채용되고 있다.
- [0008] 그러나, 상기 Ti-B-Ni 복합첨가에 의한 조직 미세화의 메커니즘은 Ni에 의한 기지(matrix) 강인화, 고용 B의 구 오스테나이트 입계 편석(Segregation)에 의한 초석페라이트(Pro-eutectoid Ferrite) 생성 억제작용과 Ti, B, 산화물 및 질화물을 통한 오스테나이트 입내에서의 미세 페라이트 생성이 가능하다.
- [0009] 상기한 바와 같이, 용접구조물의 안정성을 확보하기 위해서는 용접이음부의 미세조직을 제어하여 용접이음부의 충격인성을 확보할 필요가 있다. 이를 해결하기 위한 수단으로는, 용접재료의 성분을 규정한 기술로 예를 들어, 일본 특허공개공보 평8-10982호 및 일본 특허공개공보 평11-170085호 등이 있지만 상기 발명에서는 용접금속의 미세조직 및 입경 등을 제어하지 못하므로 용접재료의 충분하고 안정적인 용접이음부 인성을 확보하기가 어렵다. 또한, 용접시공시 용접입열량이 0.8 ~ 2.7kJ/mm 수준으로 변화함에 따라 용접이음부의 미세조직 및 성분의 변화가 필연적으로 발생하게 됨으로 용접이음부 인성 확보가 더욱 어렵게 된다.
- [0010] 또한, 상기 플럭스 코어드 아크 용접은 용접시 보호가스로 탄산가스를 사용하기 때문에, 아르곤 가스를 사용하는 것에 비해 경제적이기는 하지만, 아크 안정성이 불안정하고, 용접시 미세한 입자가 주위로 튀어 나가는 스패터 현상이 많이 발생하는 등 용접 작업성의 저하가 문제점으로 대두되고 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] 본 발명의 일측면은 스패터 발생량을 저감시켜 용접작업성 및 용접이음부의 저온 인성을 향상시킬 수 있는 플럭스 코어드 아크 용접 와이어 및 이를 이용한 용접이음부를 제공하고자 하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 본 발명은 중량%로, C: 0.01~0.1%, Si: 0.3~1.4%, Mn: 1.0~3.0%, Ti+TiO: 4.0~7.5%, Ni: 0.01~3.0%, B: 0.01~0.2%를 포함하고,
- [0013] Y: 0.02~0.42% 또는 REM: 0.02~0.56%을 포함하고 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 용접이음부 저온 인성 및 용접작업성이 우수한 플럭스 코어드 아크 용접 와이어를 제공한다.

[0014] 또한, 본 발명은 중량%로, C: 0.01~0.1%, Si: 0.1~0.5%, Mn: 0.5~2.0%, Ti: 0.02~0.1%, Ni: 0.01~3.0%, B: 5~60ppm를 포함하고,

[0015] Y: 5~250ppm 및 REM: 5~250ppm 중 1종 또는 2종을 포함하고, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 저온 인성 및 용접작업성이 우수한 용접이음부를 제공한다.

**발명의 효과**

[0016] 본 발명에 의하면 고강도 물성을 가지면서도 동시에 우수한 저온 충격인성 및 저온 CTOD 특성을 갖는 용접이음부를 제공하는 동시에, 용접시 스패터 발생량을 저감시켜 용접작업성을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0017] 도 1의 (a), (b) 및 (c)는 각각 상기 비교예 1, 발명에 1 및 비교예 7의 미세조직을 관찰한 사진  
 도 2는 (a)는 발명에 1의 복합 개재물 사진이고, (b)는 이를 EDX 분석한 그래프임.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0018] 이하, 본 발명에 대하여 상세히 설명한다.

**[용접 와이어]**

[0020] 먼저, 본 발명의 용접 와이어에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명의 플럭스 코어드 아크 용접 와이어는 다음의 조성을 포함한다(이하, 중량%).

[0021] 탄소(C)의 함량은 0.01~0.1%로 하는 것이 바람직하다.

[0022] C는 용접이음부의 강도를 확보하고 용접 경화성을 확보하기 위하여 필수적인 원소로 0.01% 이상 첨가되는 것이 바람직하지만, 그 함량이 0.1%를 초과하게 되면 용접성이 크게 저하하고 용접이음부 저온균열이 발생하기 쉽고 충격인성이 크게 저하한다.

[0023] 실리콘(Si)의 함량은 0.3~1.4%로 하는 것이 바람직하다.

[0024] Si의 함량이 0.3% 미만인 경우에 용접이음부내의 탈산효과가 불충분하고 용접이음부의 유동성을 저하시키며, 1.4%를 초과하는 경우에는 용접이음부내의 도상 마르텐사이트(M-A constituent)의 변태를 촉진시켜 저온 충격인성을 저하시키고 용접균열감수성에 나쁜 영향을 미치기 때문에 바람직하지 못하다.

[0025] 망간(Mn)의 함량은 1.0~3.0%로 하는 것이 바람직하다.

[0026] Mn은 강중에서 탈산작용 및 강도를 향상시키는 유효한 작용과 함께, 기지조직내에 치환형 고용체를 형성하여 기지를 고용 강화시켜 강도 및 인성을 확보하는데, 이를 위해서는 1.0% 이상 함유되는 것이 바람직하다. 그러나, 3.0%를 초과할 경우 저온변태조직을 생성시키기 때문에 바람직하지 못하다.

[0027] 티타늄(Ti)의 함량은 0.001~0.3%로, Ti+TiO<sub>2</sub>의 함량이 4.0~7.5%인 것이 바람직하다. 상기 Ti는 O와 결합하여 용접이음부, 즉 용접금속에 미세한 TiO-(Ti,B)N 복합산화물을 형성시키기 때문에 본 발명에서는 필수불가결한 원소이다. 또한, 미세한 TiO 산화물 및 유효한 TiN 복합 석출물을 얻기 위해서는 Ti가 0.001%이상, Ti+TiO<sub>2</sub>가

4.0% 이상 첨가되는 것이 바람직하나, Ti가 0.3%를 초과하거나 Ti+TiO<sub>2</sub>가 7.5%를 초과하는 경우 조대한 Ti산화물 및 조대한 TiN석출물이 형성되어 바람직하지 못하다.

- [0028] 니켈(Ni)의 함량은 0.01~3.0%로 하는 것이 바람직하다.
- [0029] Ni은 고용강화에 의해 기지(matrix)의 강도와 인성을 향상시키는 유효한 원소로 Ni함유량이 0.01% 이상 함유되는 것이 바람직하지만, 3.0%를 초과하는 경우에는 소입성을 크게 증가시키고 고온균열의 발생 가능성이 있기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0030] 보론(B)의 함량은 0.001~0.2%로 하는 것이 바람직하다.
- [0031] B은 소입성을 향상시키는 원소로서 입계에 편석되어 입계 페라이트 변태를 억제하기 위해서는 0.001% 이상 필요하지만, 0.2%를 초과하면 그 효과가 포화되고 용접경화성이 크게 증가하여 마르텐사이트 변태를 촉진시켜 용접저온균열 발생 및 인성을 저하시키기 때문에 바람직하지 못하다. 따라서 B함량은 0.001~0.2%로 한정한다.
- [0032] 본 발명은 이트륨(Y) 0.02~0.42% 또는 REM 0.02~0.56%을 포함하는 것이 바람직하다. 상기 Y 및 REM은 용접시 강탈산제로 작용하게 되며, 용접중 생성되는 Ti 산화물의 안정도를 증가시킴과 동시에 산화물의 크기를 줄이면서 개수를 증가시킴으로 초정 델타 페라이트의 핵생성 사이트로 작용하여 초정 페라이트의 크기를 줄이며, 이를 통해 구오스테나이트의 크기를 줄여 인성 및 강도를 증가시킨다.
- [0033] 또한, 침상 페라이트의 생성을 촉진시킴과 동시에 B의 입계편석량을 증가시켜 입계 페라이트(grain boundary ferrite)의 생성을 억제시키는 주된 역할을 한다. 다시 말해, 구오스테나이트 크기 감소, 침상 페라이트 분율 증가 및 입계 페라이트의 제어를 통해 강도를 증가시킴과 동시에 극저온(-40℃ 및 -60℃)에서의 인성을 증가시키는 역할을 한다. 이러한 결과는 극저온(-40℃ 및 -60℃)에서의 충격 및 CTOD를 특성의 향상을 유발하게 된다.
- [0034] 다른 한편으로는 Y 및 REM이 첨가될 경우 아크의 안정성을 증가시키는 역할을 한다. 이는 Y 및 REM이 전자방출을 용이하게 하고 고온에서도 안정적인 산화물이 안정적인 음극점을 형성하여 용접중 전류 및 전압을 일정하게 유지시키는 역할을 하여 아크가 일정하게 나타나게 된다. 이로 인해, 용접중 일정한 비드를 유지시킴과 동시에 용접중 발생하는 스패터(Spatter)의 양을 최소화하여 양호한 용접작업성을 확보 할수있게 하는 역할도 한다.
- [0035] 이를 위해 Y는 0.02~0.42% 또는 REM은 0.02~0.56%를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0036] 한편, Y과 REM이 모두 포함하는 경우에는 0.19~0.65%를 포함하는 것이 보다 바람직하다.
- [0037] 상기 구성에 더하여, 본 발명의 특성을 보다 개선하기 위해서 아래의 성분을 추가적으로 포함하는 것이 보다 바람직하다.
- [0038] 본 발명은 니오븀(Nb)이 0.15%이하로 포함되는 것이 바람직하다. 상기 Nb는 용접이음부에서 Nb(C,N)의 미세 석출물을 형성하기 위해서 필요한 원소이다. 다만, 용접 와이어에서의 함량이 0.15%를 초과하게 되면 용접이음부에 입계 페라이트 형성을 조장하고 용접 금속부에 탄화물(Carbide)과 같은 경화상을 형성시켜 용접이음부의 인성에 나쁜 영향을 미치기 때문에 용접 와이어의 설계에서는 Nb의 성분 첨가 한계량을 0.5% 이하로 제한하는 것이 바람직하다.

- [0039] 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다.
- [0040] 본 발명의 용접 와이어는 스패터 발생량을 저감시켜 용접작업성을 향상시킬 수 있다. 본 발명의 용접 와이어는 280A-30V의 용접 조건으로 아크 용접시 스패터 발생량이 2.0mg/min이하를 만족한다.
- [0041] **[용접이음부]**
- [0042] 이하, 본 발명의 와이어를 이용하여 제조된 용접이음부에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명의 용접이음부는 다음의 구성을 포함한다(이하, 중량%).
- [0043] 탄소(C)의 함량은 0.01~0.1%로 하는 것이 바람직하다.
- [0044] C는 용접금속의 강도를 확보하고 용접 경화성을 확보하기 위하여 필수적인 원소로 0.01% 이상 포함하는 것이 바람직하지만, 그 함량이 0.1%를 초과하게 되면 용접성이 크게 저하하고 용접이음부 저온균열이 발생하기 쉽고 충격인성이 크게 저하하므로 0.01~0.1%로 한정한다.
- [0045] 실리콘(Si)의 함량은 0.1~0.5%로 하는 것이 바람직하다.
- [0046] Si의 함량이 0.1% 미만인 경우에 경화능이 저하하여 강도확보가 어려우며, 0.7%를 초과하는 경우에는 용접금속 내의 도상 마르텐사이트(M-A constituent)의 변태를 촉진시켜 저온 충격인성을 저하시키는 등 인성저하 및 용접 균열감수성을 증가시키기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0047] 망간(Mn)의 함량은 0.5~2.0%로 하는 것이 바람직하다.
- [0048] Mn은 강중에서 오스테나이트 형성원소로 용접부 인성을 향상시키는 유효한 작용과 함께, 기지조직 내부에 고용되어 강도를 향상 시켜, 인성을 확보하는데, 이를 위해서는 0.5% 이상 함유되는 것이 바람직하다. 그러나, 2.0%를 초과할 경우 저온변태조직을 생성시키기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0049] 니켈(Ni)의 함량은 0.01~3.0%로 하는 것이 바람직하다.
- [0050] Ni은 고용강화에 의해 기지(matrix)의 강도와 인성을 향상시키는 유효한 원소로 Ni함유량이 0.01% 이상 함유되는 것이 바람직하지만, 3.0%를 초과하는 경우에는 소입성을 크게 증가시키고 고온균열의 발생 가능성이 있기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0051] 티타늄(Ti)의 함량은 0.02~0.0.1%로 하는 것이 바람직하다.
- [0052] 0.02% 이상의 Ti는 용접중 O 또는 N과 결합하여 용접이음부, 즉 용접금속에 미세한 TiO-(Ti,B)N 복합산화물을 형성시키기 때문에 본 발명에서는 필수불가결한 원소이다. 특히, 응고 중 오스테나이트 입내 미세 침상페라이트 형성에 유효한 핵생성 사이트인 미세한 TiO 산화물을 얻기 위해서는 일정량이 필요하다. 그러나, Ti가 0.1%를 초과하는 경우 조대한 Ti산화물 및 조대한 TiN 석출물이 형성되어 저온인성 및 파괴인성을 저하시키게 된다.
- [0053] 보론(B)의 함량은 5~60ppm로 하는 것이 바람직하다.
- [0054] B은 소입성을 향상시키는 원소로서 입계에 편석되어 입계 페라이트 변태를 억제하기 위해서는 5ppm 이상 필요하지만, 50ppm을 초과하면 그 효과가 포화되고 용접경화성이 크게 증가하여 마르텐사이트 변태를 촉진시켜 용접 저온균열 발생 및 인성을 저하시키기 때문에 바람직하지 못하다. 따라서 B함량은 5~50ppm으로 하는 것이 바람직하다.

- [0055] 본 발명의 용접이음부는 Y: 5~250ppm 및 REM: 5~250ppm 중 1종 또는 2종을 포함한다. 상기 Y 및 REM은 산소와의 친화력이 월등히 높은 원소로서, 용접이음부의 용접금속 중에 우선적으로 산화되어 매우 안정한 산화물을 생성하게 된다. 상기 안정한 산화물은 용접이음부내의 결정입계에 편석되어 입계 페라이트(grain boundary ferrite)의 생성을 억제시키며, 침상 페라이트(accicular ferrite)의 생성을 촉진시키는 역할을 한다. 이를 위해 상기 Y 및 REM의 함량은 5~250ppm인 것이 바람직하다.
- [0056] 상기 구성에 대하여, 본 발명의 용접이음부는 추가적으로 Nb: 0.02%이하를 포함할 수 있다. Nb의 경우 용접이음부내 NbC와 같은 석출상이 석출되어 강도를 증가시킬 수 있는 원소이나, 0.02%를 초과할 경우 석출상이 증가됨으로 인해 저온 인성에는 악영향을 미치게 됨으로 임으로 Nb: 0.02%이하로 제어하는 것이 바람직하다.
- [0057] 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함한다.
- [0058] 본 발명의 용접이음부는 Ti, Mn, Y 및 REM 중 하나 이상으로 이루어진 복합 개재물을 포함하고, 평균 입경 0.01~0.1 $\mu$ m인 복합 개재물이 전체 복합 개재물의 65%이하인 것이 바람직하다. 용접이음부내 복합 개재물은 침상 페라이트의 핵생성 사이트로 작용하여 침상페라이트의 생성을 촉진하게 된다. 그러나, 복합개재물의 크기가 0.01~0.1 $\mu$ m인 미세 개재물은 침상페라이트의 생성시 핵생성 사이트로 작용하지 않으며, 이러한 미세 개재물이 많아지면 저온에서의 파괴 기점으로 작용하여 저온 파괴인성에 악영향을 미치기 때문에, 평균 입경 0.01~0.1 $\mu$ m인 복합 개재물이 전체 복합 개재물의 65%이하로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0059] 또한, 상기 복합 개재물은 1mm당 평균 입경이 1 $\mu$ m이상인 개재물이 200개 이상인 것이 바람직하다. 플럭스 코어드 용접재료의 전자세 용접성 확보를 위해 높은 수준의 개재물이 용접 이음부에 필연적으로 들어가게 된다. 이 개재물이 침상 페라이트의 핵생성 사이트로 작용하여 침상 페라이트의 생성을 촉진시키게 된다. 이러한 수준을 만족하기 위해서는 1mm당 평균 입경이 1 $\mu$ m이상인 개재물이 200개 이상인 것이 바람직하다.
- [0060] 본 발명의 용접이음부는 구오스테나이트의 크기가 400 $\mu$ m 이하인 것이 바람직하다. 일반적으로 구오스테나이트의 크기에 따라 상온에서 생성되는 페라이트의 크기가 연동되게 된다. 즉, 구오스테나이트의 크기가 작을수록 최종적으로 생성되는 페라이트의 크기가 작아지게 되고, 그 반대 급부로 결정입계(grain boundary)는 많아지게 되며, 이러한 결정입계는 저온 CTOD시험시 파괴되는 현상을 지연하는 역할을 하게 된다. 따라서, 상기 구오스테나이트의 크기는 400 $\mu$ m를 초과하면, 저온 파괴를 지연시키는 역할을 하기에 불충분하므로, 400 $\mu$ m 이하인 것이 바람직하다.
- [0061] 본 발명의 용접이음부 미세조직은 침상 페라이트(accicular ferrite)가 면적분율로 86% 이상 포함하는 것이 바람직하다. 침상 페라이트는 용접이음부내에서 강도 증가와 저온 인성증가를 동시에 확보할 수 있는 조직이다. 또한, 침상 페라이트의 분율이 높아지게 되면 인성을 확보할 수 있는 온도 영역을 낮출 수 있다. 따라서, -40, -60, -80 $^{\circ}$ C에서 우수한 저온인성을 확보하기 위해서는 86%이상의 침상 페라이트가 조직적으로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0062] 본 발명의 용접이음부는 -80 $^{\circ}$ C에서의 저온충격인성(CVN)이 60J 이상이고, -60 $^{\circ}$ C에서의 저온 CTOD가 0.25mm이상을 만족하여, 우수한 저온 인성을 갖는다.
- [0063] 이하, 본 발명의 실시예에 대하여 상세히 설명한다.
- [0064] (실시예 1)

[0065] 하기 표 1의 조성을 갖는 용접 와이어를 제조하여, 상기 와이어를 이용하여 100% CO<sub>2</sub> 보호가스를 적용하여 0.8~2.7kJ/mm 입열량으로 플럭스 코어드 아크 용접(Flux Cored Arc Welding, FCAW)을 하였다.

[0066] 상기 용접을 통해 얻어진 용접이음부의 조성을 표 2에 나타내었다. 각각의 용접이음부의 저온 충격인성 및 저온 CTOD 평가를 행하고, 그 결과를 표 2에 나타내었다. 상기 저온 충격인성은 KS규격(KS B 0801) 4호 시험편을 이용하여 샤르피 충격시험(CVN)을 통해 평가하였다.

[0067] 한편, 상기 용접이음부의 미세조직 및 개재물을 관찰하여 그 결과를 표 3에 나타내었다. 상기 미세조직 및 개재물은 화상분석기(image analyzer)와 전자현미경을 이용한 포인트 카운팅(point counting)법으로 측정하였다.

표 1

[0068]

구분	C	Mn	Si	Ni	B	Ti+TiO <sub>2</sub>	Nb	Y	REM	입열량(kJ/mm)
발명예1	0.02	1.32	0.30	0.1	0.014	4.12	0.02	0.07	0	2.7
발명예2	0.02	1.32	0.41	1.2	0.014	4.2	0.11	0.12	0	2.7
발명예3	0.03	1.42	0.52	0.42	0.03	7.6	0.02	0.21	0	2.7
발명예4	0.04	1.42	0.52	0.42	0.03	7.6	0.1	0.42	0	2.7
발명예5	0.08	1.42	0.41	0.97	0.05	7.4	0.017	0	0.07	2.7
발명예6	0.07	1.32	0.69	0.97	0.05	7.4	0.11	0	0.12	2.7
발명예7	0.09	2.12	0.72	1.45	0.08	6.8	0.015	0	0.56	2.7
발명예8	0.1	2.13	0.83	1.45	0.09	6.8	0.13	0	0.42	2.7
발명예9	0.04	2.9	1.20	2.2	0.12	6.8	0.02	0.07	0.56	2.7
발명예10	0.04	3.0	1.30	2.9	0.03	6.8	0.12	0.42	0.21	2.7
발명예11	0.06	2.31	0.82	1.23	0.06	4.3	0.13	0.07	0	0.8
발명예12	0.07	1.22	0.41	0.45	0.03	4.2	0.11	0.12	0	0.8
발명예13	0.08	1.32	0.42	1.23	0.06	4.2	0.12	0.07	0	1.7
발명예14	0.07	1.32	0.41	0.95	0.06	4.2	0.11	0.12	0	1.7
발명예15	0.06	1.32	0.41	0.45	0.06	4.2	0.11	0.21	0	1.7
비교예1	0.07	1.42	0.41	2.9	0.014	4.12	0.02	0	0	2.7
비교예2	0.09	1.32	0.52	1.45	0.014	4.2	0.11	0	0	1.7
비교예3	0.02	1.32	0.52	0.42	0.014	7.6	0.02	0	0	0.8
비교예4	0.02	1.32	0.83	0.42	0.08	7.6	0.1	0.056	0	2.7
비교예5	0.02	1.68	0.59	0.97	0.09	7.4	0.017	0.056	0	1.7
비교예6	0.03	2.12	0.59	0.97	0.12	7.4	0.11	0	0.70	2.7
비교예7	0.03	2.13	1.20	1.45	0.03	6.8	0.015	0.56	0	0.8
비교예8	0.09	1.68	0.59	1.45	0.014	6.8	0.015	0.12	0.56	2.7

표 2

[0069]

구분	C	Si	Mn	Ni	Nb	Ti	B	REM	Y	CVN(J/mm <sup>2</sup> )			CTOD	
										-40℃	-60℃	-80℃	-40℃	-60℃
발명예1	0.032	0.368	1.27	1.40	0.0026	0.048	0.0037	0	0.001	151	128	95	0.34	0.27
발명예2	0.0378	0.3485	1.34	1.43	0.002	0.046	0.004	0	0.006	157	132	125	0.68	0.60
발명예3	0.032	0.365	1.26	1.32	0.0025	0.047	0.0034	0	0.011	161	138	154	1.25	1.02
발명예4	0.035	0.381	1.37	1.42	0.0029	0.052	0.0039	0	0.014	158	134	135	0.58	0.43
발명예5	0.035	0.380	1.36	1.40	0.0026	0.050	0.0038	0.002	0	157	130	131	0.56	0.38

발명예6	0.032	0.394	1.34	1.39	0.002 1	0.049	0.0042	0.002	0	158	134	135	0.42	0.37
발명예7	0.035	0.411	1.41	1.41	0.003 2	0.051	0.0044	0.012	0	160	121	121	0.34	0.27
발명예8	0.033	0.412	1.42	1.43	0.003 4	0.052	0.0047	0.016	0	154	112	119	0.32	0.27
발명예9	0.034	0.401	1.39	1.42	0.003 2	0.053	0.0047	0.021	0.001	148	121	102	0.98	0.75
발명예10	0.033	0.362	1.24	1.42	0.003 1	0.042	0.0037	0.016	0.002	132	111	81	0.42	0.28
발명예11	0.032	0.468	1.55	1.47	0.004	0.095	0.0057	0	0.007	104	80	71	0.34	0.28
발명예12	0.036	0.486	1.54	1.45	0.003	0.099	0.0058	0	0.025	112	87	103	0.87	0.65
발명예13	0.033	0.445	1.49	1.40	0.004	0.086	0.0051	0	0.002	143	119	108	0.25	0.28
발명예14	0.033	0.443	1.49	1.41	0.004	0.088	0.0047	0	0.012	148	126	112	0.68	0.58
발명예15	0.035	0.450	1.55	1.43	0.004	0.097	0.0051	0	0.023	151	129	123	1.12	1.02
비교예1	0.031	0.376	1.28	1.39	0.002 5	0.046	0.0036	0	0	94	96	58	0.12	0.08
비교예2	0.034	0.465	1.52	1.45	0.003	0.083	0.0053	0	0	98	85	60	0.09	0.05
비교예3	0.034	0.456	1.52	1.43	0.005	0.092	0.0056	0	0	92	62	53	0.07	0.02
비교예4	0.034	0.543	1.64	1.57	0.003 4	0.103	0.0054	0	0.031	112	22	12	0.03	0.01
비교예5	0.036	0.488	1.67	1.53	0.004	0.125	0.0056	0	0.057	62	17	19	0.02	0.01
비교예6	0.037	0.573	1.62	1.52	0.003 8	0.094	0.0052	0.042	0	82	23	12	0.03	0.01
비교예7	0.036	0.542	1.72	1.63	0.004	0.135	0.0067	0	0.102	26	23	18	0.01	0.01
비교예8	0.039	0.432	1.54	1.47	0.004 5	0.082	0.0050	0.039	0.007	135	97	43	0.01	0.08

표 3

[0070]

구분	입계 페라이트 (%)	침상 페라이트 (%)	구오스테나이트 크기 (μm)	0.01~0.1μm 개재물 개수분율(%)	1mm당 1μm 이상 개재물(개)
발명예1	13	87	321	23	352
발명예2	12	88	304	34	427
발명예3	6	94	289	52	463
발명예4	2	98	265	63	523
발명예5	14	86	345	25	353
발명예6	13	87	312	35	424
발명예7	9	91	283	42	463
발명예8	2	98	274	54	523
발명예9	4	96	251	56	423
발명예10	1	99	235	54	234
발명예11	12	88	324	32	522
발명예12	6	94	294	42	334
발명예13	2	98	285	34	452
발명예14	3	97	356	42	461
발명예15	1	99	293	32	428
비교예1	24	76	542	73	184
비교예2	22	78	423	69	192
비교예3	23	77	582	67	156
비교예4	26	74	베이나이트조직	57	512
비교예5	28	72	베이나이트조직	52	442
비교예6	32	68	베이나이트조직	34	532
비교예7	31	69	베이나이트조직	42	452
비교예8	29	71	베이나이트조직	52	427

[0071] 상기 표 2 및 3의 결과에서 알 수 있듯이, 본 발명의 범위를 만족하는 용접이음부들, 즉 발명예에서는 모두 -80℃에서 저온 충격인성이 60J 이상이고, -60℃에서 저온 CTOD 특성이 0.25mm이상이어서, 매우 우수한 저온인성을 갖는 것을 확인할 수 있다.

[0072] 이에 비해, Y 또는 REM이 포함되지 않은 비교예 1 내지 3에서는 침상 페라이트의 비율이 낮게 형성되고, 조대한 구오스테나이트 조직을 갖는 것을 확인할 수 있어, 본 발명에서 요구하는 저온인성치에 도달하지 못하는 것을 확인할 수 있다.

[0073] 또한, Y 또는 REM의 함량이 본 발명에 미치지 않는 비교예 4 내지 6과 본 발명의 범위를 벗어난 비교예 7 내지 8에서는 침상 페라이트의 분율이 낮을 뿐만 아니라, 구오스테나이트 대신에 베이나이트 조직을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 상기 비교예 4 내지 6에서는 본 발명의 저온인성치에 미치지 못하는 것을 확인할 수 있었다.

[0074] 한편, 도 1의 (a), (b) 및 (c)는 각각 상기 비교예 1, 발명예 1 및 비교예 7의 미세조직을 관찰한 사진을 나타낸 것이다. 도 1(b)에 나타난 바와 같이, 본 발명예에서는 미세조직이 대부분의 침상 페라이트로 형성되는 것을 확인할 수 있으나, 도 1(a)에서와 같이, Y의 첨가량이 부족한 경우에는 충분한 침상 페라이트가 형성되지 않음을 확인할 수 있고, 도 1(c)와 같이, Y가 과다하게 첨가된 경우에는 저온인성에 악영향을 미치는 베이나이트, 마르텐사이트 및 M-A 조직이 관찰되는 것을 확인할 수 있다.

[0075] 또한, 도 2의 (a)는 상기 발명예 1의 복합 개재물을 관찰한 사진이고, (b)는 이를 EDX(Energy Dispersive X-ray Microanalysis)로 분석한 그래프이다. 이를 통해 본 발명의 용접이음부에서는 Y가 첨가된 복합 산화물이 형성되는 것을 확인할 수 있다.

[0076] (실시예 2)

[0077] 본 발명의 플럭스 코어드 용접 와이어를 사용하는 경우, 스패터 발생량을 측정하여 용접작업성의 개선을 관찰하였다.

[0078] 하기 표 4의 조성(중량%)을 갖는 플럭스 코어드 용접 와이어를 준비하고, 이를 280A-30V의 용접 조건으로 플럭스 코어드 아크 용접을 실시하였다. 상기 표 1에서, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물로 이루어진다.

[0079] 각각의 플럭스 코어드 아크 용접 와이어를 이용하여 도 3과 같은 용접방법으로 용접을 행하였다. 이때 모재와 아크와의 길이(arc length)와 와이어 길이(wire length)를 4회씩 측정하여 표 2에 나타내었고, 각 용접시 발생한 스패터 발생량을 측정하여 그 결과를 표 5에 나타내었다.

표 4

[0080]

구분	C	Mn	Si	Ni	B	Ti+TiO <sub>2</sub>	Y
발명예1	0.02	1.32	0.41	1.2	0.014	4.2	0.12
발명예2	0.04	1.42	0.52	0.42	0.03	4.51	0.42
발명예3	0.06	2.31	0.82	1.23	0.06	4.3	0.07
발명예4	0.07	2.06	0.99	0.02	0.011	6.38	0.12
발명예5	0.05	2.02	0.64	8.06	0.0001	4.22	0.07
비교예1	0.07	1.42	0.41	2.9	0.014	4.12	0
비교예2	0.08	2.17	1.05	0.02	0.01	6.43	0
비교예3	0.06	1.96	0.52	8.23	0.0002	4.17	0

표 5

[0081]

구분	와이어길이(wire length, mm)				아크 길이(arc length, mm)				스페터발생량(mg/min)
발명예1	12.97	11.78	11.84	11.81	3.03	4.22	4.16	4.19	1.74
발명예2	12.52	12.58	10.52	12.19	3.48	3.42	2.8	3.81	1.53
발명예3	12.32	12.91	11.81	13.2	3.68	3.09	4.19	5.48	1.86
발명예4	12.41	12.25	11.72	12.22	3.59	3.75	2.28	3.78	1.71
발명예5	12.91	12.55	11.84	12.47	3.09	3.45	4.16	3.53	1.66
비교예1	10.74	9.63	9.85	11.05	5.26	6.37	6.15	4.95	2.42
비교예2	11.63	9.11	9.6	10.99	4.37	3.89	6.4	5.01	2.68
비교예3	10.96	9.66	9.54	10.67	5.04	3.34	6.46	5.33	2.33

[0082]

상기 표 5에 나타난 바와 같이, Y를 첨가한 본 발명예에서는 아크 길이가 감소하는 것을 알 수 있으며, 그 결과 스페터 발생량이 저감하는 것을 확인할 수 있었다.

[0083]

이에 비해, Y를 첨가하지 않은 비교예에서는 아크 길이가 길어지는 것을 확인할 수 있었고, 이때 발생한 스페터 발생량도 발명예에 비해 약 35~40% 더 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

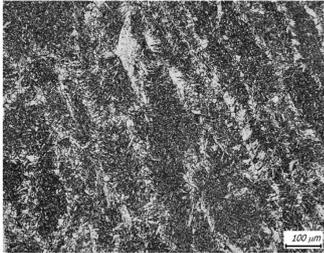
[0084]

따라서, 플럭스 코어드 용접 와이어에 Y를 첨가함으로써, 스페터 발생량을 저감시켜 우수한 용접 작업성을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

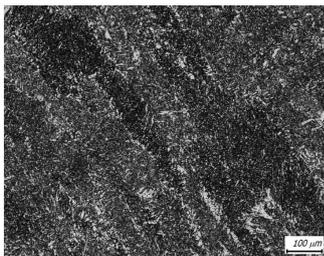
도면

도면1

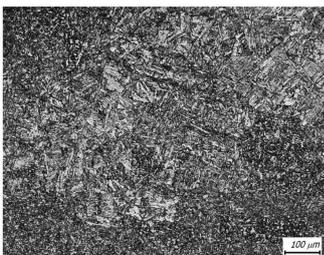
(a)



(b)

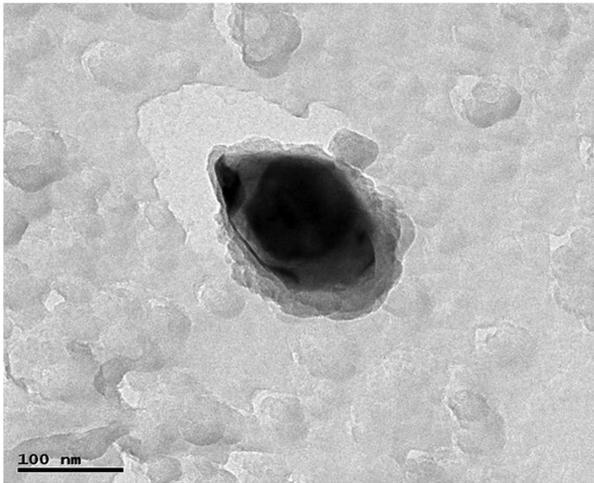


(c)

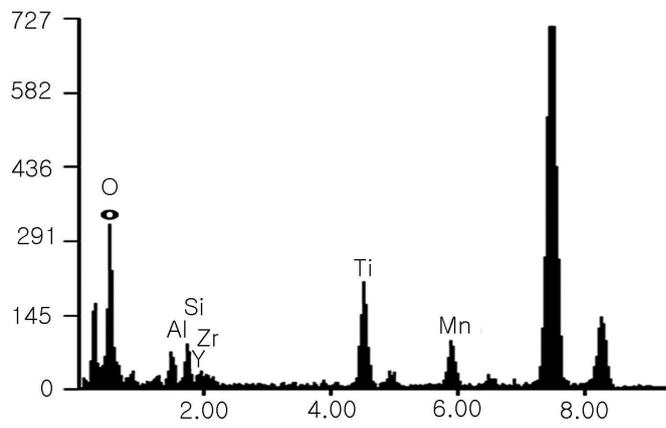


도면2

(a)



(b)



도면3

