(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0077444
(43) 공개일자 2016년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 35/24 (2006.01) *B23K 35/30* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0187003
(22) 출원일자 2014년12월23일
심사청구일자 2014년12월23일

(71) 출원인
현대종합금속 주식회사
서울특별시 강남구 테헤란로 507, 16층 (삼성동, 일송빌딩)
(72) 발명자
이성훈
경북 포항시 남구 대송로 100, 현대종합금속(주) 내 (장흥동)
(74) 대리인
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 **셀프 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어**

(57) 요 약

본 발명은 부가적인 가스 차폐 없이 용접을 진행할 수 있는 셀프 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어에 관한 것이다.

명 세 서

청구범위

청구항 1

외피 내에 플럭스가 충전된 플럭스 코어드 와이어에 있어서, 와이어 전체에 대한 중량%로, Li-Si-Fe 산화물: Li 환산치 0.7~1.0%, 불화리튬: Li환산치 0.05~0.17%, 환원제: 5.9~7.0%, 마그네슘 산화물: 0.3~0.5%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 셀프 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 와이어는 망간 0.5~2.0%;

Ni: 0.5~20%, Zr: 0.1~4%, Ti: 0.01~2% 중 1종 이상의 금속;

알칼리토금속 탄산염 0.4~1.0%; 및

기타 불화물: 0.3~14%를 더 포함하는 셀프 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 부가적인 가스 차폐 없이 용접을 진행할 수 있는 셀프 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 셀프 실드(self-shielded) 플럭스 코어드 와이어를 이용한 용접은 플럭스 코어드 와이어에 의한 아크 용접을 부가적인 가스차폐가 없이도 가능하게 하는 용접방법이다. 구체적으로는 차폐 가스 또는 증기가 튜브형 외피 속의 플럭스에 의해 생성되는 형태로 실시되고 있다. 그러나, 셀프 실드 용접 방법에 의한 용접 결과물에 대한 금속학적 무결성에 대한 신뢰는 일반적으로 부족한 상태이다.

[0003] 셀프 실드 용접 시, 대기 중의 산소 및 질소의 침투는 각종 개재물을 형성하여 저온 충격 인성에 악영향을 미치는 주요 원인이 된다.

[0004] 초창기 셀프 실드 용접은, 철재 전극 표면에 특정 금속 코팅을 사용하여 이것이 아크열에 의해 증발되면서 차폐용 금속 증기를 아크 주변에 형성시켜 공기(질소)를 용융풀 근처로부터 차단하는 방식으로 실시되었다(특허문헌 1). 한편, 용접 아크를 보호하기 위한 아크 실드 재료로서 리튬이 사용되었는데, 리튬은 아크로부터 용융지로 이행되는 용접 금속의 용적 주위에서 증기 실드를 형성하는 것으로 믿어졌고, 이론적 메커니즘과는 상관없이 리튬 원소의 용접 아크로의 도입은 실제적으로 부작용이 없이 공기(질소)의 유입을 성공적으로 차단하여 현재까지도 사용되고 있다(특허문헌 2). 특히 리튬은 철의 녹는 점 이하에서 기화되어서 용접금속에 잔류하지 않는다는 장점이 있다.

[0005] 이와 같이 셀프 실드 기능을 수행하는 리튬을 공급하는 방법으로는 먼저 탄산리튬을 플럭스 내에 투입하는 방법이 제안되었다. 탄산리튬은 용융지 내에서 우수한 용융거동을 보이고 그 분해온도(1310℃)가 철의 녹는점에 가까워서 대기 중의 질소로부터 용접금속을 보호함이 알려져 있다(특허문헌 3). 그러나 탄산리튬은 기공이 없는 용접금속을 얻기 위해 요구되는 양이 상대적으로 많아, 플럭스 코어드 와이어의 강제 외피 내부의 한정된 공간

을 고려했을 때 매우 비효율적이다. 더구나, 탄산리튬은 충분한 양이 존재할 때, 그것이 분해되면서 이산화탄소를 폭발적으로 발생시켜 용융지에서 스패터를 발생시킨다. 용접사를 불편하게 하는 스패터는 보기에도 좋지 않으며, 용접이 끝나면 제거시켜야 한다. 또한 이러한 양의 이산화탄소는 용접 아크를 방해한다. 한편, 용접 공정의 문제와는 별개로 플럭스 코어드 와이어를 제작하는 과정에서 탄산리튬의 흡습성 과대 및 유동성 부족은 생산성을 저해시키는 원인으로 작용한다. 따라서 이후의 연구에서는 다른 리튬 화합물이 용접 아크 내에서 리튬원으로서 작용할 수 있는지 검증하는 것이 이루어졌다.

[0006] 특허문헌 4에 의하면, 알칼리 금속 산화물과 하나 이상의 산성 또는 양쪽성 성질을 갖는 금속 화합물, 되도록이면 철 산화물, 망간 산화물, 알루미늄 산화물, 이산화규소 등과의 조합에 의한 알칼리금속 화합물을 함유한 공기 중에서의 전기 아크 용접을 위한 전극이 소개되고 있다. 상기 특허문헌 4는 아크를 방해하는 양만큼의 이산화탄소와 같은 가스 상태로의 분해가 없으면서 용접 아크에서 리튬 원소로 환원시킬 수 있고, 제조 및 저장과정에서 공기 중에서 안정한 리튬 함유 화합물을 개발하는 목적을 만족시키기 위해, 리튬 화합물이 강한 염기성이기 때문에 산성 또는 양쪽성 금속 화합물이나 광물질의 혼합물과 화합물을 이루는 것이 합리적이라는 사상에 근거한 것이다. 상기 산화물은 알루미늄, 마그네슘 또는 기타 환원제에 의해 알칼리금속 원소가 용접 아크 내에서 환원되고, 이 알칼리 금속은 적절한 차폐 성능을 발휘하여, 용접 금속의 우수한 충격인성을 이끌어내며 기공도 없게 한다. 그러나 이러한 화합물을 통한 리튬의 공급은 화합물 합성 공정의 문제로 인해 그 양에 제한이 있어, 충분한 리튬을 공급하는 리튬원으로서는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 미국 등록특허 US2,909,648

(특허문헌 0002) 특허문헌 2 :미국 등록특허 US3,691,340

(특허문헌 0003) 특허문헌 3: 미국 등록특허 US3,488,469

(특허문헌 0004) 특허문헌 4: 미국 등록특허 US3,767,891

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 일측면은 용접성이 우수하고, 용접부의 저온 충격인성을 확보할 수 있는 셀프 실드 용접용 플럭스 코어드 와이어를 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일태양은 외피 내에 플럭스가 충전된 플럭스 코어드 와이어에 있어서, 와이어 전체에 대한 중량%로, Li-Si-Fe 산화물: Li환산치 0.7~1.0%, 환원제: 5.9~7.0%, 불화리튬: Li환산치 0.05~0.17%, 마그네슘 산화물: 0.3~0.5%, 나머지는 Fe 및 불가피한 불순물을 포함하는 셀프 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어에관한 것이다.

발명의 효과

[0010] 본 발명에 의하면, 제조가 용이한 셀프 실드 플럭스 코어드 와이어를 제공할 수 있으며, 셀프 실드 용접이 원활히 수행되고, 형성된 용접금속이 저온에서 우수한 충격인성을 확보할 수 있으며, 용접작업성, 비드형상 및 슬래그 박리성이 우수한 효과가 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 본 발명에 대해 상세히 설명한다.

[0012] 본 발명의 셀프 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어는 플럭스와 플럭스를 둘러싼 외피를 포함한다.

[0013] 본 발명의 플럭스 코어드 와이어는 와이어 전체에 대한 중량%로, Li-Si-Fe 산화물: Li환산치 0.7~1.0%, 환원제: 5.9~7.0%, 불화리튬: Li환산치 0.05~0.17%, 마그네슘 산화물: 0.3~0.5%을 포함한다. 이하, 각 조성에 대해 상세히 설명한다. 각 조성은 플럭스에 대한 것이 아니고, 와이어 전체에 대한 함량으로, 그 단위는 중량%이다.

[0014] 리튬-규소-철 산화물(Li-Si-Fe 산화물)은 공급되는 Li의 함량(본 발명에서 공급되는 Li 함량은 Li 환산치로 정의한다)으로, 0.7~1.0% 포함되는 것이 바람직하다. 본 발명에 Li-Si-Fe 산화물은 알루미늄, 마그네슘 또는 기타 환원제에 의해 리튬 원소가 용접 아크 내에서 환원된다. 상기 리튬은 적절한 차폐 성능을 발휘하여, 용접 금속의 우수한 충격인성을 이끌어내며, 기공도 없게 한다. 이를 위해서 본 발명의 와이어는 공급되는 Li 함량(Li 환산치)이 0.7~1.0%가 되도록 Li-Si-Fe 산화물을 포함한다.

[0015] 불화리튬은 공급되는 Li의 함량(Li 환산치)으로, 0.05~0.17% 포함되는 것이 바람직하다. Li 환산치 0.05% 미만으로 불화리튬이 포함되는 경우에는 차폐 효과 및 저온 충격인성 향상 효과를 발휘하기 어려우며, 0.17%를 초과하는 경우에는 용접 비드의 퍼짐성이 저하되는 문제가 있다.

[0016] Li-Si-Fe 산화물에 의한 리튬 공급에는 한계가 있으므로, 이를 보완하기 위해서, 일반적으로 탄산리튬이 고려될 수 있다. 그러나, 본 발명에서는 리튬의 추가 공급원으로 불화리튬을 사용하며, 이는 탄산리튬에 비해 밀도의 측면에서 플럭스 코어드 와이어 생산이 용이하며, 이산화탄소의 과량 발생에 의한 용접 방해 문제를 해결할 수 있다.

[0017] 또한, 불화리튬에 의해 공급되는 리튬의 양에 의해 저온 충격인성 향상에 효과를 발휘한다. 탈질제로서 Al의 역할에도 불구하고, Al의 과량 잔류 시, 조대한 초정 델타 페라이트가 유지되며, AlN 형성 및 잔류로 충격인성이 저하되는 문제가 발생한다. 이와 같은 문제를 해결하는 수단으로 불화리튬이 슬래그의 저융점화 및 적절한 물리화학적 특성을 형성하여 용접 비드를 평탄하게 하는 작용을 함과 동시에, 용접과정 중의 Li_3N을 형성하여 용접부의 AlN의 생성을 감소시키는 역할을 한다. 불화리튬은 액체 금속의 표면장력을 감소시킬 수 있기 때문에, 용융지를 효과적으로 교반하면서 아크력을 강화시키고 개재물의 상승에 도움이 되므로, 용접부의 대형 개재물의 함량을 감소시킨다. 이에 따라, 셀프 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어 및 저온 충격인성의 안정성을 개선하는 중요한 역할을 한다.

[0018] 환원제는 5.9~7.0%를 포함하는 것이 바람직하다. 상기 환원제의 역할을 하는 성분은 Al 또는 Mg이다. 상기 환원제는 와이어의 탈산을 보장하고, 질소 고정효과 및 용접성능을 개선하기 위한 슬래그 핵심 구성요소로서, 5.9% 이상 포함하는 것이 필요하다. 그러나, 이러한 환원제가 지나치게 과량 투입되면 용접 과정 중의 과도한 탈산작용에 의해 용융지 내부의 산소함량을 낮게 하여, 산화 슬래그 형성에 의한 불순물 제거가 이루어지지 않아 더욱 불리한 용접이 될 수 있다.

[0019] 상기 Al은 셀프실드 아크 용접의 필수원소로서 강력한 탈산, 탈질제이며 질소 고정제 역할을 수행한다. 대기중의 산소와 질소를 고정시켜서 기공을 방지하는 역할을 한다. 그러나, Al이 과도하면 결정립 조대화로 충격인성 저하의 문제가 있다. Al은 단독 또는 Fe-Al, Al-Mg, Al-Li, Al-Zr 합금 또는 금속간화합물의 형태로 투입된다.

[0020] 상기 Mg은 강력한 탈산제이며, 아크에서 기화되어 차폐효과 또한 발휘하는 효과가 있다. Al을 더 첨가할 수 없을 때 활용하나, 과도하면 흄 발생 또한 과도하게 되어 아크풀이 잘 안보이며 스패터가 많아지고 슬래그 점도가 증가하여 슬래그에 의한 차폐능력이 감소된다. 금속 Mg으로 사용가능하나 폭발적인 기화에 의해 스패터가 많아지므로 Al-Mg, Mg-Si, Mg-Si-Ca, Ni-Mg, Li-Mg 합금 등의 형태로 투입하는 것이 바람직하다.

[0021] 마그네슘 산화물은 0.3~0.5%를 포함하는 것이 바람직하다. 본 발명에서 마그네슘 산화물은 슬래그 형성제로 사용되며, 비드형상 개선 및 용착금속의 인성에 기여한다. 마그네슘 산화물은 해수 마그네시아, 마그네시아 클링커, 용융 마그네시아 등이 사용될 수 있다. 상기 마그네슘 산화물의 함량이 0.3% 미만인 경우에는 비드형상 개선 및 용착금속 인성향상 효과를 기대하기 어렵고, 0.5% 초과하여 첨가되는 경우에는 아크 안정성을 저하시켜 용접작업성이 열화되는 문제가 발생한다.

[0022] 상기 조성이외에 본 발명의 용접 와이어는 망간, 금속 등의 기타 합금원소, 알칼리 토금속 탄산염, 불화리튬외 다른 불화물을 더 포함할 수 있다.

[0023] 망간(Mn)은 용착금속의 강도를 증대시키고, 용융 금속의 표면 장력을 감소시켜 비드 형상을 개선하는 효과가 있다. 이를 위해서는 0.5%이상 첨가하는 것이 바람직하나, 2.0%를 초과하면 강도가 과도하게 높아져서 충격인성을 저하시킬 수 있다. 상기 Mn은 플럭스 내에 금속 Mn, Fe-Mn, Fe-Si-Mn, MnO, Li_2MnO_3, $SrMnO_3$, $Ba(MnO_4)_2$ 등의 형태로 투입될 수 있다.

[0024] 기타 합금원소로는 니켈(Ni) 0.5~20%, 지르코늄(Zr) 0.1~4%, 티타늄(Ti) 0.01~2.0% 중 하나 이상이 포함될 수 있다.

[0025] 상기 Ni은 오스테나이트 안정화 원소로서, Al 증가에 따른 페라이트 결정 조대활르 막아서 충격인성을 강화시킨다. 그러나, 과도하게 투입되면 강도가 지나치게 증가하여 충격인성이 오히려 저하된다. 상기 Ni은 금속 Ni, Fe-Ni-Cr, Ni-Mg, NiO, Ba_2NiO_4 등의 형태로 투입될 수 있다.

[0026] 상기 Zr은 질소 고정 및 결정립 미세화로 충격인성을 증대시킨다. 그러나, 과도하면 슬래그 박리성이 저하되고 충격인성이 오히려 저하된다. 상기 Zr은 Fe-Zr, Zr-Si, K_2ZrF_6, Na_2ZrF_6, ZrO_2, $ZrSiO_4$, Li_2ZrO_3 등의 형태로 투입될 수 있다.

[0027] 상기 Ti는 극소량으로도 충격인성이 향상된다. 그러나, 과도하면 슬래그 버닝(burning)으로 슬래그 외관 및 박리성이 저해된다. 상기 Ti는 금속 Ti, Fe-Ti, TiO_2, Ti_2O_3, Li_2TiO_3, $CaTi_2O_4$, $CaTiO_3$ 등의 형태로 투입될 수 있다.

[0028] 상기 알칼리 토금속 탄산염은 슬래그 형성제로서의 역할을 수행하며, $BaCO_3$, $CaCO_3$, $SrCO_3$ 등이 투입될 수 있다. 이를 위해서, 상기 알칼리 토금속 탄산염은 0.4~1.0% 포함하는 것이 바람직하다.

[0029] 상기 불화물은 타 슬래그 형성제보다 용적이행 및 차폐효과가 우수하여 슬래그 형성제로 투입된다. 이들에 의해 형성된 슬래그는 수직자세용접 시 비드처짐 방지에 효과적이다. 이러한 성질은 DC- 극성에서 더욱 효과적으로 나타낸다. 이를 위해서 상기 불화물은 0.3% 이상 포함하는 것이 바람직하다. 다만, 14%를 초과하면 슬래그 형성이 과도하여 슬래그 혼입 등이 발생하고 용접성능이 저하되며, 비드광택이나 형상이 양호하지 않다. 보다 바람직하게는 0.3~1.5% 포함한다. 상기 불화물은 알칼리 금속 불화물, 알칼리 토금속 산화물, 금속 산화물 등으로 구성된 화합물로 투입될 수 있다.

[0030] 나머지는 Fe와 불가피한 불순물을 포함한다.

[0031] 한편, 본 발명의 셀프 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어의 충진율은 18~25%인 것이 바람직하다. 상기 충진율이 과소하면 첨가원소의 역할이 제대로 발휘되지 못하고, 과도하면 슬래그 과다로 슬래그 혼입 및 용접 성능이 저하되며, Al의 과도로 결정립이 조대해져서 충격인성 또한 저하되며, 와이어 제조시 빈번한 단선으로 생산성이 저하된다.

[0032] 이하, 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다. 하기 실시예는 본 발명의 이해를 위한 것일 뿐, 본 발명을 한정하는 것이 아니다.

[0033] (실시예)

[0034] 하기 표 1의 조성(와이어 전체에 대한 중량%임)을 갖는 직경 1.6㎜의 셀프 실드 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어를 제조하였다. 이렇게 제조된 와이어를 이용하여 아래 기재의 용접조건으로 용접을 행한 후, 각각의 와이어별 용접작업성, 용접부의 충격인성 결과를 측정하여 그 결과를 표 2에 나타내었다.

[0035] - 와이어 지름: 1.6㎜

[0036] - 전압: 24~25V, 전류: 280~300A

[0037] - 차폐가스: 없음(셀프 실드)

[0038] - 극성: DCEN

[0039] 본 실시예에서 용접작업성은 아크 특성 등을 고려하였고, 비드 외관, 내기공성, 스패터 발생량 등을 육안으로 비교 판단하여, 우수(○), 보통(△), 불량(X)의 3단계로 구분해 평가하였다. 또한, 미국용접학회(AWS) 규격에 따른 충격시험(AWS A5.20/A5.20M E71T-8)을 실기하여 -30℃에서의 충격인성 값이 27J 이상인지의 여부를 평가하였다.

표 1

[0040]

구분	Li-Si-Fe 산화물 (Li 환산치)	불화리튬 (Li 환산치)	망간	환원제	Li, Zr, TI 중 1종 이상	알칼리 토금속 탄산염	마그네슘 화합물	불화물	나머지
비교예 1	0.67	0.05	0.9	6.2	0.4	1.4	0	0.1	Fe
비교예 2	0.64	0	0.9	6.2	0.4	1.4	0	0.6	Fe
비교예 3	0.67	0.05	1.1	5.9	0.4	1.2	0	0.1	Fe
비교예 4	1.1	0	0.6	5.0	1	1.4	0	0.1	Fe
비교예 5	1.0	0.03	0.6	6.7	0.5	0.6	0	0.1	Fe
비교예 6	0.7	0	0.5	5.9	0.4	0.5	0.8	0.1	Fe
발명예 1	0.7	0.05	0.5	7.0	0.4	0.4	0.3	1.5	Fe
발명예 2	1.0	0.17	0.5	5.9	0.7	1	0.5	0.3	Fe
발명예 3	0.7	0.05	0.5	7.0	0.4	0.4	0.3	1.5	Fe
발명예 4	1.0	0.17	0.5	5.9	0.7	1	0.5	0.3	Fe

표 2

[0041]

구분	비드외관	용접작업성	내기공성	스패터발생량	저온충격시험 (-30℃, >27J)
비교예 1	△	△	X	△	○
비교예 2	△	△	X	△	X
비교예 3	△	△	X	△	○
비교예 4	X	△	○	△	X
비교예 5	△	○	X	△	X
비교예 6	△	○	X	○	○
발명예 1	○	○	○	○	○
발명예 2	○	○	○	○	○
발명예 3	○	○	○	○	○
발명예 4	○	○	○	○	○

[0042] 본 발명의 범위를 만족하는 발명예 1 내지 4의 경우에는 용접 작업성 및 용접부의 저온 충격인성이 우수한 것을 확인할 수 있다. 특히, 비교예와 발명예 전체적으로, Li-Si-Fe 산화물에 의해 공급되는 Li의 함량(Li 환산치)이 0.7~1.0%의 범위에서는 우수한 용접작업성을 나타내어, 적절한 셀프 실드 효과를 발휘함을 알 수 있었다.

[0043] 반면, 비교예 1 및 3은 Li-Si-Fe 산화물에 의해 공급되는 Li의 함량이 낮아 셀프 실드 효과가 부족하여 비드외관, 용접작업성이 열등하였고, 내기공성이 불량한 것을 확인할 수 있었다. 비교예 2는 Li-Si-Fe 산화물의 양이 상대적으로 낮고, 불화리튬이 결핍되어 용접작업성이 비교적 열등하였고, 내기공성이 불량하였다. 비교예 4는 플럭스 중의 환원제(Mg-Al 합금 및 알루미늄)의 함량이 낮아 적절한 탈산 및 탈질 작용이 이루어지지 못하였고, 슬래그 형성이 원활하지 못하여 비드 외관 등이 불량함을 알 수 있었다. 그럼에도 불구하고, 비교예 4의 내기공성이 양호한 것은 금속 합금원소 가운데 탈산, 탈질 역할을 동시에 수행하는 금속(예를 들어, Ti, Zr 등)이 상대적으로 충분히 공급된 때문인 것으로 보인다.

[0044] 비교예 5는 Li-Si-Fe 산화물에 의해 공급되는 Li의 양은 상대적으로 충분하나 불화리튬에 의해 공급되는 Li의 함량이 다소 부족하여 내기공성이 불량한 특성을 나타내었다. 이 결과로 미루어 보아, 불화리튬에 의한 리튬의 공급량 변화가 내기공성에 미치는 영향이 민감한 것을 알 수 있다. 비교예 6은 불화리튬의 결핍에 의해 용접 결과물이 불량함을 알 수 있었다. 용접 작업성, 스패터 발생량이 양호했던 것은 마그네슘 산화물의 첨가로 아크 및 슬래그 도포가 안정화된 때문이다. 다만 상대적으로 낮은 알루미늄 함량으로 저온 충격인성이 상대적으로 열위한 것을 알 수 있다.