

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
 B23K 35/36

(45) 공고일자 1996년04월02일
 (11) 공고번호 특 1996-0004342

(21) 출원번호	특 1992-0006030	(65) 공개번호	특 1992-0019471
(22) 출원일자	1992년04월11일	(43) 공개일자	1992년11월19일
(30) 우선권주장	684,308 1991년04월12일 미국(US)		
(71) 출원인	더링컨 일렉트릭 컴퍼니 1996년04월02일	앨리스 애프. 스모리크	

(72) 발명자
 다미안 제이. 코텍키
 미합중국, 오하이오 44060, 엔터, 프론티어 드라이브 7888
 조나단 에스. 오그본
 미합중국, 오하이오 44123, 유클리드, 이스트 218 스트리트 235
 (74) 대리인
 나영환, 도두형

심사관 : 장만철 (책자공보 제4399호)

(54) 스테인레스 스틸의 아크 용접용 전극 및 플렉스

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

스테인레스 스틸의 아크 용접용 전극 및 플러스

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명을 이용한 실험 결과를 나타내는 표.

제2도는 종래 기술을 이용하여 선택된 산화물의 실험 결과를 나타내는 표.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 스테인레스 스틸의 아크 용접의 기술에 관한 것으로, 특히 스테인레스 스틸의 가스 차폐 아크 용접용 플렉스 코어형 용접 전극 및 플렉스에 관한 것이다. 여기에 참고로 설명되는 고다이(Godai)의 미합중국 특허 제4,345,140호에는 실리카와 888°C이하의 저융점을 갖는 특정 금속 산화물을 함유하는 플렉스를 구비한 복합와이어, 즉, 전극이 개시되어 있다. 이 특허는 본 발명이 지향하는 탑입의 전극 또는 플렉스에 있어서 금속 산화물을 이용하는 것에 착안점을 두고 있다. 이러한 금속 산화물중 일례가 산화 비스무트이며, 이에 따라 스테인레스 스틸 용접에 이용되는 전극에 있어서 아크 용접 플렉스의 구성 성분으로서의 산화 비스무트에 대하여 부가적으로 설명되어 있다. 그러나, 이 종래 기술은 고 크롬 함유 합금 용접 전극의 사용에 있어서 슬랙 박리제를 적용하는 본 발명의 기술과 관련한 설명이나 암시가 없으며, 그 박리제는 결과적인 슬랙 박리를 위한 비스무스의 배출을 위하여 여러가지의 비스무스 화합물을 이용해야 하지만 고다이의 미합중국 특허 제4,345,140호에는 플렉스에서의 비스무스 특성에 대한 개시가 없다.

본 발명은 특허 최소한 약 1%, 특히 약 15%의 크롬을 함유하는 플렉스코어형 전극에 의한 스테인레스 스틸의 아크 용접에 적용되며, 이것에 대해서는 이후 특별히 설명하게 되겠지만 본 발명은 보다 광범위한 적용 범위를 가지며, 여러가지 고 크롬 스틸, 기타 크롬 함유 합금의 피복 전극 및 서브머지드 아크 용접(submerged arc welding)에도 이용 가능하다.

스테인레스 스틸과 같은 고 크롬 함유 합금을 용접하는 경우, 전기 아크용접 처리용으로서 CO₂ 와 같은 차폐 가스와 함께 플렉스 코어형 전극으로 용접을 행하는 것이 관례화되어 있다. 이 전극은 내부 코어를 둘러싸는 스틸외피(outer steel sheath)를 포함하고, 상기 내부 코어는 일상의 플렉스 시스템(flux system) 및 경우에 따라 합금제 및 부수적인 철 가루를 포함한다. 코어 전극의 내부에는 적정량의 크롬이 존재하는데, 이 크롬은 일반적으로 분말의 형태이다. 크롬은 스테인레스 스틸 외피의 합금제일 수도 있으며, 코어 재질은 일반적으로 플렉스 시스템 또는 플렉스와 합금 구성 성분으로 나누어진다. 스테인레스 스틸의 플렉스 코어 아크 용접용으로 이용되는 형태의 고 크롬 전극에

있어서, 플렉스 시스템 또는 플렉스는 이산화 티타늄, 규산염 형태일 수도 있는 실리카, 풀루오르화 칼슘, 기타 비금속 화합물을 포함하며, 각 화합물은 아크 용접 공정중에 반응하여 용접 비드의 외연을 덮어 형성됨으로써 용접 비드가 응고되어 적절히 용접 소재에 결합할 때까지 용접비드를 보호하는 슬랙을 형성한다. 이 슬랙은 적절히 응고될 때까지 용접 비드내의 용융 합금 재료를 보호할 뿐 아니라, 플렉스 코어 아크 용접 공정에 의해 생성된 용접 비드내의 용접 금속의 형태를 형성하는데 도움이 된다. 스틸 종의 크롬은 일반적으로 산화 크롬을 생성하고 이것은 용접 비드 외연의 비금속 슬랙에 고착하는 경향이 있기 때문에, 스테인레스 스틸 및 그밖의 크롬 함유 합금은 슬랙 형성에 있어 실질적인 문제를 야기한다. 따라서 슬랙이 응고됨에 따라 이 슬랙은 용접 비드의 용융되었던 합금에 강고하게 고착된다.

열팽창 계수차에 기인하여, 종종 슬랙은 압출력을 받게 되고, 실제로 용접 비드를 형성하는 크롬 함유 합금의 냉각중에 용접 비드로부터 폭발이 발생한다. 응고 공정중에 용접 비드에서 폭발이 발생하면 슬랙은 용접 비드면을 노출시켜 조기 산화를 초래하게 된다. 또한, 용접 공정중에 생성된 고온 슬랙의 폭발에 의한 손상에 대해서도 주의할 필요가 있다. 용접 공정중 크롬 함유 합금을 사용할 때 접하는 또 다른 어려움은 응고되는 용접 비드에 슬랙을 고착시키는 경향이 있는 산화 크롬의 형성과 관련된 문제점이다.

슬랙이 용접 비드에 잔류하면, 이 슬랙의 제거가 극히 어려워지며, 결과적으로는 용접 비드로부터 슬랙을 연삭하거나, 용접 비드의 용접 금속을 형성하는 응고된 크롬 함유 합금으로부터 슬랙을 제거하기 위한 상당한 비용 및 노력이 요구된다. 용접 크롬 함유 합금에 있어서 이상과 같은 어려움은 이 분야에는 이미 공지되어 있으며, 냉각중에 슬랙의 조기 형성이나 슬랙의 힘든 제거 작업을 행하지 않도록 하고, 크롬 함유 합금을 포함하는 용접 비드가 응고 및 냉각된 후에 편리하고 저렴하게 슬랙을 제거할 수 있는 특별한 슬랙박리 시스템이 지속적으로 요청되어 왔다. 따라서, 고 크롬 용접 전극에서 또는 그 크롬 용접 와이어와 함께 이용되는 용접 시스템이 실질적으로 요청되고 있었는바, 이러한 요구를 만족하는 상기 용접 전극 또는 와이어는 슬랙이 표면 보호를 위해 응고됨에 따라 용접 비드의 성형 금속 합금에 고착되는 슬랙을 생성하게 되지만, 냉각의 용접 비드로부터 용이하게 슬랙을 제거할 수 있게 된다.

본 발명은 1.0% 이상의 크롬을 함유하는 용접 비드에 이용되는, 바람직하게는, 15% 이상의 크롬을 함유하는 스테인레스 스틸용으로 이용되는 고 크롬 용접 비드와 함께 사용하는 플렉스에 관한 것이다. 여기서 슬랙은 용접 공정에 수반하여 응고됨에 따라 크롬 함유 합금을 보호하지만, 용착된 용접 비드의 용접 금속에 있어서 크롬 함유 합금의 냉각후 용이하게 제거될 수 있다.

본 발명은 플렉스 코어형(flux cored) 고 크롬 용접 전극에 적용 가능한 바, 본원 발명에 대해서는 특별히 이러한 전극과 관련하여 설명하기로 하겠다. 그러나, 본 발명은 플렉스가 전극의 외연에 피복되거나, 혹은 서브머지드 아크 용접 공정에 있어서 용접 공정에 있어서 용접 전극과 분리된 상태의 분말로서 이용될 수도 있다. 어느 경우나, 플렉스 시스템은 용접 비드상의 슬랙을 생성하는데 이용되며, 슬랙이 응고되고 냉각됨에 따라 용접 비드를 보호하고 용접 공정이 완료된 후에 편리하고 비용이 저렴하게 제거할 수 있다.

적은 양의 크롬, 즉 대량 중량으로 1% 미만의 크롬을 함유하는 플렉스코어 와이어를 전극으로 하면, 슬랙 거동 및 슬랙 제거가 심각한 문제가 되지 않는다. 그러나, 1% 이상의 크롬을 함유하는 스틸, 특히 15%이상의 크롬을 함유하는 스테인레스 스틸과 같은 크롬 함유 합금을 용접 소재에 용착시키기 위해 전극에 크롬을 가하는 경우 슬랙의 거동 및 제거 특성이 상술한 이유로 인해 열화된다. 용착된 합금의 크롬 백분율이 스테인레스 스틸과 같이 15-20%를 초과하는 경우 코어에 있어 플렉스 시스템의 비금속 성분 구성 요소는 슬랙의 거동 안정시키고 슬랙의 용이한 제거가 가능하도록 선택되어야 한다. 이산화 탄소 차폐를 이용하는 경우 비금속 플렉스 구성 성분중 규산염 또는 다른 형태로 존재하는 실리카의 함량을 저감하는 방법으로 이러한 시도가 행해졌으나 이 공정은 과도한 스파터(spatter)를 생성한다. 규산염을 의미하기도 하는 실리카를 플렉스 시스템의 이산화 티타늄을 대신하여 증대시킴으로써 용접 공정중의 스파터를 감소시킬 수 있지만, 슬랙의 거동 및 슬랙 제거 특성은 극단적으로 열화된다. 따라서, 고 크롬 함유 합금 용접 공정에 있어서 스파터를 감소시키기 위해 전극 무게의 최소한 약 1.0% 실리카를 이용하는 것이 바람직하다. 이것을 달성하기 위한 방법으로서, 본 발명에 따르면 비스무트 배출 화합물(bismuth releasing compound)이 슬랙거동을 안정화하고 제거 작용을 매우 용이하고 편리하게 함을 발견하였으며, 또한 스파터를 감소시키기 위해 실리카 조성물은 비스무트가 이용되는 한 전극무게의 2% 이상 증대될 수 있다.

본 발명에 따르면, 아크 용접 공정에서 원소 비스무트를 배출하는 다수의 화합물은 슬랙을 응고과정 중에 안정화하여 응고된후의 이 슬랙의 제거를 용이하게 한다. 따라서, 비스무트의 존재로 스테인레스 스틸과 같은 고 크롬함유 합금에 대한 아크 용접 공정에 있어서의 슬랙 특성을 현저히 개선할 수 있는 것으로 판명되었다. 이러한 개선은 슬랙의 실리카가 전극 무게의 1.0% 이상 또는 플렉스 무게의 약 10% 이상인 경우에 특히 유리하다.

고다이의 미합중국 특히 제4,345,140호가 스테인레스 스틸 용접용 슬랙제거 특성을 임의의 저융점 산화 금속에 의해 개선할 수 있다고 밝히고 있는 점에서 상기 본 발명은 실질적으로 고다이의 것과 차이가 있으며 본 발명은 이와같은 종래 개념에 관한 것이 아니다. 대략 888°C 이하의 용융점을 갖는 고다이 특히 공보의 정의 내에서 산화 금속은 스테인레스 스틸과 같은 크롬 함유 합금에 대해 뚜렷히 만족할 만한 슬랙 제거 특성을 나타내지 못한다. 예를들어 스테인레스 스틸 아크 용접 공정의 플렉스 시스템에 있어서 고다이의 미합중국 특히 제4,345,140호의 저융점 금속이라는 정의내에 속하는 오산화 바나듐을 사용한 경우 이것은 슬랙 특성을 극단적으로 감소시키며 이것에 대해서는 제2도에 나타낸 바와같다.

실리카를 플렉스의 15.0% 이상, 또는 전극의 약 1.0%로 증대시킴으로써 스파터가 낮아지면, 슬랙의 폭발성 경향과 함께 제거하기가 극히 어려운 특성이 나타난다. 여러 비스무트 배출 화합물은 이러한 문제를 해소함으로써 본 발명의 일부분은 형성한다. 고다이의 미합중국 특히 제4,345,140호에 따른 산화납 및 산화안티몬의 사용은 이러한 유리한 효과를 가져오지 못하며, 고다이의 저융점 산화 금속

의 사용은 상업용으로 허용 가능한 슬랙을 생성할 수 없다. 과도한 산화 주석의 사용 또는 슬랙 제거 과정에 있어 바람직하지 못한 것으로 증명되었다. 따라서 저 용융점 산화 금속은 고 크롬 함유 합금용접에 이용되는 아크 용접 공정에 대해 플렉스 시스템에 부가되는 이점이 아니다.

본 발명은 여러 비스무트 화합물에 관한 것으로서 각 화합물은 슬랙 거동 및 제거 특성에 있어 커다란 개선점을 제공한다. 아크 용접 전극 분야에 있어 플렉스 시스템의 구성 요소로서 사용되는 옥시 염화(oxichloride)비스무트, 티탄화 비스무트, 플루오르화 비스무트, 황화 비스무트 및 기타 비스무트 화합물 뿐만 아니라 비스무트 금속은 고다이의 미합중국 특허 제4,345,140호의 여러 저융점 산화 금속중 하나로서 제안된 산화 비스무트의 이용에서 얻는 이점보다 더 좋은 슬랙 특성을 얻었다. 따라서, 본 발명은, 용접 공정중 비스무트를 배출하여 아크 용접 공정에 있어서 고융점 합금 성분에 낮한 슬랙 특성을 개선시키는 합금에 관한 것이다.

본 발명은 플렉스 코어 스테인레스 스틸 전극에 대해 주로 적용되고 있지만 또한 원소 비스무트를 함유하는 본 발명의 화합물은 스테인레스 스틸 전극에 이용 가능하고, 서브머지드 아크 용접 공정에 도 이용될 수 있다. 이들 화합물은 또한 경화 덧땜 합금(hardfacing alloy)과 같은 다른 크롬 함유 합금에 대한 용접 소모품에도 이용될 수 있다.

아크 용접 공정에 대한 플렉스 시스템에 있어서 슬랙 박리 성분을 생성하는 비스무트를 배출하는 성분과 규산염을 이용함으로써, 슬랙 거동에 있어 한층 개선된 점을 얻었으며, 스파터를 낮추기 위해 실리카를 증대시키는 경우에도 이러한 개선점을 얻을 수 있었다. 상기 설명한 비스무트 배출화합물을 수반하는 슬랙 형성 시스템을 갖춘 플렉스를 이용함으로써 용접 비드가 냉각됨에 따라 고온의 슬랙 조각이 용착면으로부터 폭발하지 않았다. 따라서, 본 발명은 스테인레스 스틸 플렉스 코어형 아크 용접과 관련하여 화상 및 화재의 위험을 제거할 수 있으며, 안정화되고 제거하기에 용이한 특성을 갖는 슬랙을 생성할 수 있다.

본 발명은 아크 용접 공정중에 아크에 비스무트를 배출하는 화합물이 용접 비드의 냉각후 그것을 뒤고 있는 슬랙이 매우 용이하게 제거되는 안정한 슬랙을 얻을 수 있다는 것을 발견한데에서 출발한다. 플렉스의 슬랙 형성 시스템에 부가제로서 이용되는 비스무트 화합물이 안정화되고 제거하기에 용이한 슬랙을 생성한다는 사실은 이론적으로는 알려져 있지 않다. 스테인레스 스틸 플렉스 코어 전극에 있어 극히 소량의 실리카(규산염)를 갖는 플렉스, 즉, 실리카가 전극 무게의 0.5% 미만인 플렉스를 이용한 실험에 의하면 스파터 발생률이 높았다. 본 발명에 의한 비스무트 배출 화합물이 없는 경우, 이들 실험은 용접비드의 금속이 여전히 고온 상태에 있는 동안에 용접 금속 비드의 응고된 합금으로부터 슬랙에 분리된다는 것을 보여줬다. 결과적으로, 용착된 금속 용접 비드는 실질적으로 산화되며, 이 산화는 낮은 실리카 플렉스 시스템에 의한 스테인레스 스틸 용접에 있어서 바람직하지 못하다. 스파터 발생을 낮추기 위하여 고실리카(전극 무게의 약 1.0% 이상, 또는 플렉스 무게의 약 10% 이상)를 이용하는 시스템에 있어서 슬랙은 응고중의 용접 금속으로부터 폭발했다. 실리카가 플렉스 무게의 약 10%-15% 이상 증대되면, 본 발명의 사용 유무에 관계없이 고온인 경우의 슬랙은 응고중에 금속에 단단히 고착되었다. 따라서, 슬랙이 궁극적으로 제거되었을 때는 용접비드의 금속은 보호되어 용접 비드에 대한 표면 산화는 거의 없었다. 또한 본 발명에 의하지 않고서는 슬랙이 용이하게 제거될 수 없었다. 용접 비드를 형성하는 고 크롬함유 합금에 대한 냉각 처리중의 상대적인 저온에서만 본 발명의 효과가 뚜렷이 나타난다. 본 발명에 의해 플렉스의 80%에 이르기까지 실리카를 사용함으로써 스파터를 감소시키고 또, 본 발명의 원리를 이용함으로써 슬랙이 안정화되고 제거하기가 용이했다. 보다 높은 실리카 플렉스에 비스무트가 없으면 슬랙/금속간 계면의 분리가 억제된다. 따라서 냉각중 발생하는 수축 응력에 따라 슬랙은 내적으로 파쇄된다.

결과적으로, 비스무트가 플렉스에 존재하지 않으면 슬랙 체적중 많은 부분이 용접 비드로부터 폭발에 의해 분리되는 반면 그 하층은 금속에 단단히 고착된다. 반면에 플렉스 자체내에 상당량의 실리카와 비스무트가 존재하면 슬랙/금속간 계면은 동요없이 깨끗하게 분리되며, 슬랙 조각이 폭발하거나 뛰지는 않는다. 비스무트는 슬랙/금속간 계면 에너지를 현저하게 변화시켜 냉각중 자유면이 용이하게 형성되게 한다. 이에 따라, 냉각중 슬랙/금속간 계면의 전단(shearing)을 통해 용접 비드로부터의 슬랙 폭발이 발생하지 않게 된다. 또한 냉각후 슬랙은 편리하고 용이하게 제거될 수 있다.

본 발명에 의하면, 원소 비스무트 및 전술된 화합물을 이용하여 스테인레스 스틸 용접용의 유리한 슬랙특성을 얻을 수 있으며, 원소 비스무트는 코어 충진재의 일부분이나 용접 와이어 또는 전극 외 파용 합금의 일부분이 될 수 있다. 스테인레스 스틸이 본 발명에 이용되고 있지만, 산화크롬은 슬랙 분리에 있어 분명한 열화 요인이 되고 있으므로 본 발명은 다양한 크롬 함유 합금 용접 환경에 이용 가능하다. 이러한 이유로 1.25% 크롬-0.5% 몰리브덴 및 철-크롬 스테인레스 스틸 뿐만아니라 철-크롬-니켈 스테인레스 스틸과 같은 크롬 함유 합금족에 대해서도 본 발명은 동일하게 바람직한 효과로서 이용 가능하다. 또한 본 발명은 크롬을 함유한 철을 기초로한 경화덧땜 합금과 역시 크롬을 함유한 니켈을 기초한 합금에도 이용가능하다. 이러한 모든 타입의 금속에 있어서, 중량으로 1% 이상인 높은 함량의 크롬은 상기 한 바와같이 슬랙 분리에 있어 악영향을 주게 되며, 본 발명에 의해서만 슬랙이 안정화되고 용이하게 제거된다.

지적한 바와같이, 크롬 함유 합금을 용접하는데 있어서의 슬랙의 결함은 산화 크롬에 기인하며, 이 산화 크롬은 슬랙을 용접 비드의 표면에 단단히 고착시키는 역할을 한다. 플렉스의 비금속 부분 또는 전극의 금속 부분에서 비스무트를 이용함으로써 슬랙의 금속간의 계면을 형성하며, 이 비스무트는 플렉스의 중요한 구성 성분이다.

본 발명에 의하면, 플렉스는 종래와 같이 비금속 슬랙 생성 시스템을 형성하는 구성 성분으로 정의된다. 5000°C 이상의 아크 온도에서 이들 구성성분의 열역학적 변화가 플렉스 자체를 한정하는 것은 아니며, 이러한 변화는 일종의 매개물로서 이것에 의해 플렉스는 슬랙으로 변환하고 이 슬랙은 응고 및 냉각 이전의 용접 비드를 형성하는 성형 금속의 외부면에 누적된다. 본 발명은 원소 비스무트를 방출하여 금속/슬랙간 계면에서의 결정화에 영향을 주거나 이 계면에서 특정층 또는 장벽을 생성한다. 이러한 원리는 여러화합물에 함유된 비스무트나 원소 비스무트 자체는 본 발명을 실현하는데 있어 모두 동일하게 작용하고 있다는 사실로서 뒷받침된다. 또한 비스무트 금속자체가 코어에 포함된

경우 전극의 무게의 약 0.05% 이상이 추가의 금속으로서 첨가됨에 따라 슬랙의 특성이 향상되는바, 이는 플럭스 무게의 약 0.80%이다. 비스무트는 고온에서 비스무트 화합물보다 더 안정되므로, 비스무트 금속자체는 결과적인 슬랙에서의 결과적 비스무트 구성성분이 된다. 따라서 본 발명에 의해 이용되는 비스무트 화합물과 비스무트 원소 자체는 본 발명에 의해 개선된 슬랙 거동 및 슬랙 제거 특성을 창출한다. 이와같은 슬랙 거동 특성 및 제거 특성은 고다이의 미합중국 특 제4,345,140호에서 바르지 못하게 제안된 저융점 산화 금속에 의해서는 얻을 수 없는 것이다. 고다이 특허의 비스무트가 아닌 원소의 산화물은 본 발명에서와 같이 슬랙 특성을 강화하는데 있어 별 효과를 발휘하지 못하고 있다.

본 발명의 목적은 스테인레스 용접 비드와 같은 크롬 함유 합금 용접비드의 아크 용접용으로서의 플럭스 및 이러한 플럭스를 갖는 전극을 제공하는 것으로서, 이러한 전극 및 플럭스는 응고된 용접 비드상에 슬랙을 생성하고, 이것은 슬랙 거동을 안정화하는 동시에 이것의 제거를 용이하게 한다. 슬랙이 용접 비드상에 있는 경우 슬랙 반응은 응고 및 냉각중 폭발, 툰 특성과 기타 슬랙 스파터 현상을 나타내지 않고 안정화된 상태에 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 화합물은 함유한 비스무트 또는 원소 자체의 비스무트를 이용함으로써 비스무트가 슬랙/금속간 계면에서 냉각중 안정된 슬랙 반응을 유도하고 슬랙 제거가 용이하도록 하는 상기 정의한 전극 및 플럭스를 제공하는 것이다. 또한 본 발명의 목적은 특히 규산염을 플럭스에 이용할 경우 용접 비드로부터 거의 뛰지않고 이 비드로부터 용이하게 분리될 수 있는 슬랙을 형성하는 것이다.

다음에 본 발명의 실시예에 대하여 상세히 설명한다.

제1도의 표1은 본 발명의 여러 실시예를 나타내며, 아크 용접 장치의 슬랙 거동을 평가함에 있어 표1의 용어 "안정"은 냉각중 슬랙이 딱딱하는 정도의 잡음(crackling)을 내면서 작은 조각이 용접비드로부터 수인치 정도 이탈할 수는 있지만 용접비드로부터 크게 뛰지 않는 것을 의미하며, 이에 따라 용접자에게 안면 손상과 같은 위험이 전혀 없게 된다. 표1중 용어 "툰(소음 발생)"이라 용어는 용접비드의 냉각중 슬랙의 조각이 뚜렷한 폭음 소리를 내면서 용접비드로부터 용접자의 안면 높이에 이를 수 있을 정도의 속도로 뛰어올라 후드(hoo) 혹은 보호 장치가 없는 용접자에게 상처를 줄 수 있음을 의미한다. 표1에 나타낸 바와같이, 본 발명을 이용하면 저레벨의 비스무트 원소를 사용한 경우를 제외하고는 "툰"이라고 칭한 슬랙 거동이 발생되지 않게 된다(표1의 No. 1참조). 슬랙 반응이 더한층 심각한 것은 "폭발"이다. 이 등급에 있어서는 냉각중 뚜렷한 폭음과 함께 용접자 자신뿐만 아니라 용접자로부터 20-25 피트 범위 이내에 있는 사람에게도 해를 줄 수 있을 정도의 속도로 고운의 슬랙의 조각이 비드로부터 뛰어나간다. 표1에 나타낸 바와같이 본 발명에 의한 슬랙 거동은 "안정"이다. 표1중 슬랙의 제거 특성란에 있어서 등급 "용이"는 단지 경미한 태핑(tapping) 및/또는 브러싱(brushing)만을 가지고 슬랙이 용접비드로부터 완전히 제거될 수 있음을 의미한다. 제거 특성란의 용어중 "보통"은 무거운 행마 또는 다른 기구로 비교적 강하게 때린 후에야 슬랙이 용접비드로부터 완전히 제거될 수 있음을 의미하며, 다음 등급인 "어려움"은 무거운 행마 이를테면 슬랙행마 등으로 수차례에 걸쳐 강하게 때린 후에야만 슬랙이 용접비드로부터 완전히 제거될 수 있음을 의미한다. 슬랙 조각은 이와같은 강타를 한 후에도 용접비드에 고착되어 있는 경향이 있으므로 이것의 제거를 위해서는 일일이 행마로 타격을 해야 한다. 최종 등급인 "매우 어려움"은 수없이 많은 횟수의 슬랙 행마의 강타나 다른 물리적 충격에도 불구하고 슬랙이 용접비드로부터 완전히 제거되지 않음을 의미한다.

이 경우 용접비드의 표면을 정화하기 위해 니들건(needle gun)이 이용될 수도 있다. 스테인레스 스틸과 같은 크롬 관련 합금을 용접할 경우에는 이와같은 슬랙 제거의 어려움이 이례적인 것은 아니다. 크롬 관련 합금 용접에서 크롬의 양은 용착되는 용접 금속 무게의 1%인 상황을 포함하며, 스테인레스 스틸에 있어서 이 크롬의 함량은 일반적으로 침착되는 금속 무게의 15% 이상이다. 용착되는 금속은 전극 금속과 실질적으로 동일하므로 이러한 백분비율은 전극 자체의 백분율과 대략 동일하다. 따라서 스테인레스 스틸 전극은 무게로 15% 초과한 상태로 전극의 합금 부분에 크롬을 함유하고 있다. 총전극 무게의 15%는 스테인레스 스틸용접으로 실현된다. 물론 스테인레스 스틸은 또한 니켈을 포함하며, 이 니켈은 용접부위의 유연성과 내부식성을 강화한다. 본 발명은 플럭스 또는 여러가지의 크롬 함유 합금 아크 용접 처리에 있어서 이용 가능한 플럭스가 합체된 전극에 관한 것으로 니켈은 본 발명의 합금의 필수 요소는 아니다. 그러나 니켈은 크롬 함유 합금 또는 주요 합금 원소일 수는 있다.

표1에 나타낸 바와같이, 용접비드를 보호하기 위해 규산염의 형태로 존재하는 많은 양의 실리카를 이용할 경우 슬랙 거동 및 제거 특성은 바람직하지 않다(표1의 No. 3,5,6 참조). 비스무트 성분을 이용할 경우 슬랙반응은 "안정"이고 슬랙 제거 특성은 "용이"이다. 표1은 E308LT-1 스테인레스 스틸 전극에 대한 것으로서 이것은 AWS A5.22 등급에 속한다. 이 전극은 금속 용착 무게로 약 19%의 크롬을 제공한다. 25% 크롬 및 18% 크롬을 각각 갖는 309 및 316L를 이용한 다른 시험을 통해 표1에 기재된 전극의 비금속 부분을 이용한 것과 동일한 결과를 얻었으며 여기서 표1은 플럭스 코어형 전극을 이용한 실험 결과를 나타낸 것이다. 이들 시험 전극은 외부에 스틸로된 금속 외피를 가지며 여기서 구성 성분을 형성하는 비금속 슬랙은 전극 코어에 함유되어 있다. 합금 금속 또한 코어에 함유되어 소모성 전극을 이용한 목표의 스테인레스 스틸 용접비드를 생성한다.

표1에 기재된 실시예에는 실리카가 이용되며, 이 실리카는 규산염 또는 그 혼합물의 형태로 존재한다. 실리카 및/또는 규산염 또는 그 혼합물은 전극중량의 최소한 0.5%의 구성 성분을 형성하는 비금속 슬랙에 존재한다. 이것은 플러그 자체 무게의 최소한 8.0%를 제공하며, 실리카는 플럭스의 약 80% 또는 코어 전극의 7.0%로 증대되었다. 표1은 전극의 중량%에 관한 것으로 코어의 충전량은 전극 무게의 25%이다. 플럭스 성분은 그 충전량의 약 26%~38%이며 나머지는 철 및 합금이다. 따라서 표1에서 설명하는 플럭스는 전극 전체 중량의 약 6~10%이며, 여기서 이 구성 성분들은 코어 재료로서 합체되어 있다. 플럭스의 백분비율에 있어서의 이들 구성 성분치는 임의의 플럭스 구성 성분의 백분비율을 모든 플럭스 구성 성분 백분비율의 전체 합계로 나누어 100배 함으로써 얻을 수 있으며, 따라

서 실리카 백분비율은 예시된 실험에 있어서 플럭스 자체의 20%-80% 범위에 있다. 이러한 이유로 실리카의 범위는 바람직한 실시예에 있어서 플럭스 재질의 무게로 약 10-50%이며, 이 백분비율은 플럭스의 약 80.0%까지 이를 수 있는 것이다. 표1에서 나타낸 플럭스 조성물의 여러가지 비스무트 배출 성분은 대략 전극 무게로 최소한 0.05%, 또는 플럭스 무게로 최소한 0.5% 정도 수반된다(표1의 No.1 참조). 예시된 실시예에 있어서 이산화 티타늄은 플럭스 자체의 무게로 20-65% 범위로서 플럭스에 첨가된다. 시험한 바에 따르면, 이산화 티타늄이 플럭스의 90%에 이를 수 있는 것으로 판명되었다. 플럭스 무게로 0.5-2.5% 범위로 플루오르화 칼슘이 플럭스에 첨가되고 칼슘 또는 나트륨의 플루오르화물이 플럭스의 0.5-2.5% 범위로 함유된다. 산화 나트륨과 같은 강연기성 산화금속이 또한 플럭스의 비금속 슬랙 형성 구성 성분중 하나로서 첨가된다. 이 연기성 산화물의 양은 플럭스 자체 무게로 약 2.0%이거나 플럭스가 전극과 조합하는 경우 전극 무게의 0.2% 이상이 된다.

본 발명의 플럭스에 있어서 이산화 지르코늄이 또한 플럭스 무게로 최소한 0.2% 범위내에서 첨가되며, 이 범위는 전극의 0.05-2.0%까지 확장될 수 있다. 표1에 나타낸 백분비율은 플럭스가 전극의 일부분으로서 이용되거나 전극 외부의 서브메이지드 아크 상태에서 이용될 경우 사용 가능하다. 이 두 가지 경우에 있어서 비스무트 성분은 전기 아크에 의해 분리되고 슬랙의 응고 및 냉각중 보호막이 되는 슬랙/금속간 계면에 영향을 준다. 이 계면은 슬랙이 형성되고 크롬 함유 합금 용접 비드가 응고될 때 과도한 압력이 결정성 슬랙(crystalline slag)에 가해지지 않도록 상기 계면에 대해 일정량의 슬립을 허용한다. 이것은 용접 비드위에 슬랙을 유지하기 위해 냉각중 안정화된 슬랙 거동을 유도하며 이에 따라 냉각 용접 비드에 과도한 산화가 일어나거나 산소 및 질소가 혼합되는 상태를 방지한다. 따라서 신규한 개념의 개념에 의해 용접 비드가 냉각된 후 슬랙은 쉽게 제거될 수 있다.

본 발명과 슬랙 박리제로서 저융점 산화금속을 이용하는 종래 기술 사이의 차이점을 예증하기 위해 본 발명의 비스무트 함유 성분 대신에 여러가지 저융점 산화물에 대해 시험을 하여 이 결과를 제2도의 표2에 나타냈다.

스테인레스 스틸 아크 용접 전극(E308LT-1, AW A5.22)의 슬랙 형성 구성 성분에 저융점 산화물을 사용하는 것은 바람직한 슬랙 거동이나 슬랙 제거 특성을 얻지 못함을 표2는 나타내고 있다. 사실상 산화납은 "폭발" 슬랙거동 및 "매우 어려움"의 슬랙 제거 특성을 낳고 있다. 아크 용접 기술에 의한 스테인레스 용접에 대한 슬랙 거동을 개선하는데 있어서 이러한 산화금속은 전혀 도움이 되지 못하며 산화납은 "튕" 슬랙 거동 및 "어려움" 슬랙 제거 특성의 결과를 초래한다. 저융점 산화금속인 이러한 성분의 성분은 요소의 사용은 스테인레스 스틸 아크 용접 처리에 있어서 바람직하지 못하다. 스테인레스 스틸 아크 용접 처리에 있어서 사용상의 이점을 갖는 것은 사화 비스무트가 유일한 것으로서, 이러한 이점은 구성 성분이 저융점 산화금속이기 때문에 아니라 슬랙/금속 계면에 영향을 주는 원소 비스무트가 함유되어 있기 때문이며, 이것은 본 발명의 기술 사상의 근간을 이루고 있는 것이다. 저융점 산화금속의 사용하는 것과 원하는 슬랙 거동을 생성하는 본 발명 사이에는 명확한 차이가 있는바, 이러한 차이는 본 발명의 원소 비스무트, 플로오르화 비스무트, 황화 비스무트, 티탄화 비스무트, 옥시탄산 비스무트, 옥시염화 비스무트 및 이들의 혼합물을 사용한다는 점에서 명백해진다. 이들 비스무트 화합물을 전극 자체 무게로 0.05-0.75%의 범위로 슬랙 형성 성분에 첨가되며, 이 백분율에 10을 곱하여 플럭스 자체내의 비스무트 생성 물질의 백분율 즉, 0.5-7.5%의 백분율을 얻는다. 표1은 전극에 있어 코어 재질의 비금속부에 관한 것으로 비스무트는 금속 물질이지만 아크 용접 처리중 플럭스에 대한 비스무트의 공급원으로 코어의 충전물에 함유된다.

원소 비스무트가 코어 전체 재질에 분말로서 이용되거나 전극 스틸에 합금으로서 이용되는 경우 이 것의 백분비율은 대략 최소한 0.07%이며, 표1에 나타낸 0.05%에서 슬랙에 대해 약간의 문제가 있다. 0.25%의 비스무트에서 슬랙은 안정화되고 제거가 용이하다. 다음의 2개의 전극 조성을 및 본 발명을 이용한 용착 아크 용접 전극의 실례를 나타낸다.

전극 A

A. 슬랙 형성 성분		전극 무게에 대한 백분비율(%)
(a) 실리카(규산염) (스페터 저감, 슬랙 습윤성)		1.0% - 20%
적합치		3.6%
(b) 이산화 티타늄 (고온에서 슬랙 용고) (산화 망간 부분은 등가)		1.0 - 22%
적합치		4.1%
(c) 산화 나트륨 (아크안정화, 슬랙 습윤성)		0.1% 이상
적합치		0.7%
(d) 플루오르화물(Na 또는 Ca) (화산성 H_2 를 감소시킴으로써 다공성을 감소 시킴)		0.05 - 0.5%
적합치		0.10%
(e) 이산화 지르코늄 (고온에서 슬랙 용고)		2.0% 까지
적합치		0.50%
(f) 산화 칼슘, 플루오르화 칼슘 또는 플루오 르화 나트륨 (아크안정화, 금속 이동성 향상)		0.05 - 0.75%
적합치		0.10%
(g) 원소 비스무트 플루오르화 비스무트 황화 비스무트 티탄화 비스무트 옥시탄산 비스무트 옥시염화 비스무트 상기 성분들의 혼합물		0.05 - 0.50%
적합치		(표 I 참조)
B. 금속		전극에 대한 백분비율(%)
크롬		15 - 30%
니켈		8 - 16%
철		나머지
전극 B		
A. 슬랙 형성 성분		전극 무게에 대한 백분비율(%)
(a) 실리카(규산염)		1.0 - 20%
적합치		3.6%

(b) 이산화 티타늄	1.0-22%
적합치	4.1%
(c) 산화 나트륨	0.1% 이상
적합치	0.7%
(d) 플루오르화물 (Na 또는 Ca)	0.5-0.5%
적합치	0.10%
(e) 이산화 지르코늄	2.0%까지
적합치	0.50%
B. 금속	전극 무게에 대한 백분 비율 (%)
크롬	15-30%
니켈	8-16%
비스무트	0.05-0.75%
철	나머지
적합치	0.15%

본 발명은 크롬 및 비스무트 또는 비스무트 화합물을 함유하는 금속 코어형 전극(금속 용접봉을 코어로 하여 플렉스가 피복된 용접 전극)과 실리카를 포함하는 서브머지드 아크 용접 플렉스로서 이용 가능하다.

전극 C

성분	전극 무게에 대한 백분 비율 (%)
크롬	1.0-40%
비스무트 또는 비스무트 성분	0.5-2.0%
철, 기타 합금 및 소량의 슬랙 형성 성분	나머지

서브머지드 아크 시스템에 있어서의 플렉스대 전극(금속) 비율은 플렉스코어 전극에서의 그것의 비해 10-20배이며, 이에 따라 10-20배 정도의 비스무트가 상기 예에서 사용된다.

크롬 함유 합금 와이어를 이용한 서브머지드 아크에 의해 경화덧땜(hardfacing)을 행하는 경우에 있어서, 아이어 또는 플렉스에 첨가된 비스무트와 함께 플렉스 무게로 10-70%의 실리카를 함유하는 플렉스를 사용했다. 이 비스무트의 첨가는 본 발명에 의한 슬랙 특성을 개선시켰다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

무게로 1.0%를 초과하는 크롬을 함유하는 소모성 금속 전극을 이용하여 스틸 제품을 아아크 용접하는데 사용되는 용접용 플렉스로서, 플렉스 중량으로 4 내지 80%의 실리카를 함유하고, 플렉스 중량으로 20 내지 90%의 이산화티타늄과, 플렉스 중량으로 2.0% 이상의 염기성 산화금속과, 0.5 내지 2.5%의 알칼리 또는 알칼리 플루오르화물을 포함하고, 용착된 크롬함유 합금 용접 금속의 슬랙을 형성하는 실리카 함유 슬랙 형성 시스템과; 원소 비스무트, 할로겐화 비스무트, 황화 비스무트, 티탄화 비스무트, 황화 비스무트, 티탄화 비스무트, 탄산 비스무트 및 그 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는, 플렉스의 무게의 0.5-7.5%의 비수무트 배출 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는 용접용 플렉스.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 슬랙 형성 시스템이 이산화실리콘, 규산염 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 실리카를 포함하는 것을 특징으로 하는 용접용 플렉스.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 스틸이 스테인레스스틸인 것을 특징으로 하는 용접용 플렉스.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 알칼리플루오르화물이 플루오르화칼슘 및 플루오르화나트륨을 포함하는 것을 특징으로 하는 용접용 플렉스.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 염기성 산화 금속이 산화나트륨을 포함하는 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 슬랙 형성 시스템이 이산화지르코늄을 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 이산화지르코늄이 상기 플럭스 무게의 0.2% 이상인 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 8

전극의 무게로 1.0% 이상의 크롬을 함유하는 소모성 금속 전극을 이용하여 스테인레스스틸 제품을 아크 용접하는데 이용되는, 플럭스 코어형 전극으로서, 상기 전극은 용착되는 크롬 및 함유 합금 용접 금속의 표면상에 슬랙을 형성하는 실리카 함유 슬랙 형성 시스템을 포함하는 일체로된 플럭서를 구비하여, 상기 슬랙 형성 시스템의 백분율로

실리카(규산염)	1.0-20%
이산화티타늄	1.0-22%
이산화지르코늄 또는 산화나트륨	0.1-2.0%
산화칼륨, 칼륨 플루오르화칼륨, 플루오르화나트륨 또는 플루오르화칼슘	0.05-1.25%
비스무무스 배출 화합물	0.05-0.75%

를 함유하는 것을 특징으로 하는 플럭스 코어형 전극.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 실리카가 상기 전극 중량의 3.6% 이상인 것을 특징으로 하는 플럭스 코어형 전극.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 전극의 크롬 함량이 전극 무게로 15% 이상인 것을 특징으로 하는 플럭스 코어형 전극.

청구항 11

제7항에 있어서, 상기 플루오르화물이 칼슘 플루오르화 칼슘 또는 플루오르화 나트륨을 포함하는 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 12

제7항에 있어서, 상기 염기성 산화 금속이 이산화나트륨을 포함하는 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 13

제4항에 있어서, 상기 염기성 산화 금속이 이산화나트륨을 포함하는 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 플럭스가 상기 전극의 코어로 이용되는 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 15

제7항에 있어서, 상기 플럭스가 상기 전극의 코어로 이용되는 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 16

제4항에 있어서, 상기 플럭스가 상기 전극의 코어로 이용되는 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 17

제5항에 있어서, 상기 플럭스가 상기 전극의 코어로 이용되는 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 18

제14항에 있어서, 상기 전극 총중량으로

실리카(규산염) 1.0-20%

이산화티타늄 1.00–22%

이산화지르코늄 또는 산화나트륨 0.1–2.0%

산화칼륨, 플루오르화칼륨, 루오르화나트륨 또는 0.05-1.25%
플루오르화

비스무트 배출 시스템 0.05–0.75%

를 함유하는 것을 특징으로 하는 용접용 플럭스.

청구항 19

제8항 또는 제9항에 있어서, 상기슬랙 형성 시스템이 유리(遊離) 실리카 및 염기성 산화물과 결합 실리카 형태의 실리카를 포함하는 것을 특징으로 하는 플럭스 코어형 전극.

청구항 20

제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 이산화티타늄이 상기 전극 무게의 4.1% 이상인 것을 특징으로 하는 플러스 코어형 전극.

청구항 21

제10항에 있어서, 상기 이산화티타늄이 상기 전극 무게의 4.1% 이상인 것을 특징으로 하는 플렉스 코어형 전극.

청구항 22

제19항에 있어서, 상기 이산화티늄이 상기 전극 무게의 4.1% 이상인 것을 특징으로 하는 플렉스 코어형 전극.

청구항 23

제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 플루오르화 나트륨 또는 플루오르화 칼슘이 상기 전극 무게의 0.05 내지 1.25%인 것을 특징으로 하는 플럭스 코어형 전극.

청구항 24

제10항에 있어서, 상기 전극 중량의 8% 이상의 니켈을 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉스 코어형 전극.

도연

도면1

표 1 슬릭 흥상 성분

NO	SiO ₂	TiO ₂	Na ₂ O	NaF	CaF ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	K ₂ O	KF	SnO ₂	비스무트	%	기동	제거
1	2.15	6.43	0.65		0.20	0.14	1.23	0.03			비스무트 금속	0.05	필	보통
2	2.15	6.38	0.65		0.20	0.14	1.22	0.03			옥시암판 비스무트	0.15	인정	용이
3	2.92	4.19	0.26		0.20	0.16	0.95	0.04					폭발	극히 어려움
4	2.94	5.10	0.26		0.07		0.05		0.07		옥시암판 비스무트	0.15	인정	용이
5	2.94	5.00	0.26		0.07		0.05		0.07	0.25			폭발	극히 어려움
6	2.93	4.53	0.26		0.07		0.05		0.07	0.74			필	어려움
7	2.94	5.00	0.26		0.07		0.05		0.07		플루오르화 비스무트	0.25	인정	용이
8	2.94	5.12	0.26		0.07		0.05		0.07		플루오르화 비스무트	0.12	인정	용이
9	2.94	4.88	0.26		0.07		0.05		0.07	0.25	플루오르화 비스무트	0.12	인정	용이
10	2.94	5.17	0.26		0.07		0.05		0.07		플루오르화 비스무트	0.07	필	보통
11	2.94	4.88	0.26		0.07		0.05		0.07	0.25	옥시암판 비스무트	0.12	인정	용이
12	2.94	4.88	0.26		0.07		0.05		0.07	0.25	황화 비스무트	0.12	인정	용이
13	2.94	4.91	0.26		0.07		0.05		0.07	0.25	티탄화 비스무트	0.10	인정	용이
14	3.45	4.54	0.66	0.10	0.00		0.00				플루오르화 비스무트	0.10	인정	용이
15	3.45	4.54	0.66	0.10	0.00		0.00				비스무트 금속	0.25	인정	용이
16	3.44	4.89	0.16	0.10	0.00		0.05		0.00		플루오르화 비스무트	0.10	인정	용이
17	2.61	3.49	0.58	0.07	0.00		0.04		0.00		플루오르화 비스무트	0.10	인정	용이

도면2

표 2 슬랙 형성 성분

NO.	SiO ₂	TiO ₂	Na ₂ O	CaF ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	K ₂ O	KF	SnO ₂	기타	%	기동	제거
18	2.15	6.29	0.65	0.20	0.14	1.22	0.03			산호타니오브	0.25	폭발	극히 어려움
19	2.15	6.29	0.65	0.20	0.14	1.22	0.03			산호타비나돌	0.25	폭발	극히 어려움
20	2.92	3.96	0.26	0.20	0.16	0.95	0.04			산호타민탈	0.25	폭발	극히 어려움
21	2.92	3.96	0.26	0.20	0.16	0.95	0.04			산호타탄탈	0.25	폭발	극히 어려움
22	2.92	3.96	0.26	0.20	0.16	0.95	0.04			산호타크롬	0.26	폭발	극히 어려움
23	2.92	3.96	0.26	0.20	0.16	0.94	0.04			산호타철	0.29	폭발	극히 어려움
24	2.92	3.96	0.26	0.20	0.16	0.95	0.04			산호타구리	0.25	폭발	극히 어려움
25	2.92	3.96	0.26	0.20	0.16	0.95	0.04			산호타니켈	0.25	폭발	극히 어려움
26	2.94	5.00	0.26	0.07		0.05		0.07		황화티타늄	0.25	폭발	극히 어려움
27	2.94	5.00	0.26	0.07		0.05		0.07		산호타.Parcel	0.25	폭발	극히 어려움
28	2.94	5.00	0.26	0.07		0.05		0.07		산호타토륨	0.25	폭발	극히 어려움
29	2.94	5.00	0.26	0.07		0.05		0.07		산호타아연	0.25	폭발	극히 어려움
30	2.94	5.00	0.26	0.07		0.05		0.07		산호타납	0.25	폭발	극히 어려움
31	2.94	4.76	0.26	0.07		0.05		0.07		3산호타안티몬	0.49	침	어려움
32	2.94	4.76	0.26	0.07		0.05		0.07		5산호타안티몬	0.49	침	어려움
33	2.94	5.11	0.25	0.07		0.05		0.07		주석	0.25	폭발	극히 어려움
34	2.94	5.00	0.26	0.07		0.05		0.07		산호타거르마늘	0.25	폭발	극히 어려움
35	2.94	5.00	0.26	0.07		0.05		0.07		산호타갈륨	0.25	폭발	극히 어려움
36	2.93	4.53	0.26	0.07		0.05		0.07		산호타납	0.73	침	어려움
37	2.94	4.76	0.26	0.07		0.05		0.07	0.25	아혹스칼슘	0.25	폭발	극히 어려움