

용융용접의 기초와 실제(Ⅳ) - 서브머지드 아크 용접용 플럭스의 특징 -

정 호 신

Fundamentals of Fusion Welding(Ⅳ) - Characteristics of Flux for Submerged Arc Welding

Ho-Shin Jeong

서브머지드 아크 용접용 플럭스는 분말상의 피복제라고 생각할 수 있으며 입상의 용융 가능한 저수소계의 광물성 물질로 구성되며, Mn, Si, Ti, Al, Ca, Zr 및 Mg 산화물 및 칼슘 불화물과 같은 각종 화합물로서 일단 용융 또는 소성한 후 분쇄한 것이다. 이 플럭스는 용접 아크에 의해 용융되어 액상 상태로서 용접금속을 덮어서 대기로부터 보호하는 역할을 한다.

플럭스는 제조 방법에 따라 분류되는 데, 용융 플럭스는 각종의 광물 원료를 1,100℃~1,400℃에서 용융, 냉각, 분쇄, 입도 조정에 의하여 만든 것으로, 성분적으로는 산화물이나 불화물로 이루어지며 조성이 균일하고 흡습성이 낮아야 하며, 형태에 따라 유리질 및 경석상으로 분류된다. 용융형 플럭스는 일반적으로 화학성분이 균일하고, 흡습하는 경향이 적기 때문에 보관상의 문제가 적고, 비소모성이나 비용융형인 경우에는 수차에 걸쳐 사용할 수 있고, 용접 작업시 고속용접에 적합하다는 등의 특징을 가지고 있다.

본디드 플럭스는 각종 광물원료나 금속 분말을 고착제로써 적당한 크기로 입자로 만든 것이다. 이 플럭스는 제조 과정에서 원료를 약 100mesh 정도로 분쇄한 후 건조하고, 칼륨이나 나트륨계 규산염을 첨가하여 소성한다. 이것을 펠렛으로 하고 비교적 낮은 온도에서 건조하고 기계적인 방법으로 파쇄하고 스크리닝하여 만든다. 용융 플럭스에 비해 용접이 높은 것을 만들기 쉽기 때문에 대전류용접에 주로 사용되고, 또 염기도가 높은 플럭스를 설계하기도 쉽기 때문에 각종 저합금강의 용접에 이용되고 있다. 또 소결온도가 낮기 때문에 금속계의 탈산제와 각종 철합금을 함유할 수 있다. 또 플럭스의 밀도가 낮기 때문에 플럭스를 두껍게 도포할 수 있으며, 응고된 슬래그를 제거하기가 쉽

다. 이 본디드 플럭스는 용착속도를 향상시키기 위하여 다량의 철분을 함유하는 것과 그렇지 않은 것으로 분류할 수 있다. 전자의 경우에는 조선 분야에서의 편면용접, 철골 상자형 구조의 용접 등과 같은 대입열용접에 널리 사용되고 있다.

괴상의 플럭스(agglomerated flux)는 세라믹 점결제를 사용하는 점만 제외하면 본디드 플럭스와 거의 차이가 없다. 이와 같은 본디드 플럭스와 괴상 플럭스는 흡습하기 쉽다는 점이 단점이다. 따라서 보관온도를 제어하여 흡습을 방지하기 위한 보관환경이 필요하게 된다.

이상으로 서술한 부분이 서브머지드 아크 용접용 플럭스의 기본적인 특징이지만 1960년대 이래로 지속적인 관심과 과학적인 연구가 계속되어 왔음에도 불구하고 서브머지드 아크 용접용 플럭스의 화학성분, 물리적인 특성 및 용접 거동 사이의 상관관계는 아직 잘 알려져 있지 않다. 이와 같은 관점에서 최근의 플럭스 관련 연구 결과를 소개하고자 한다.

플럭스 선정시의 효율 제고와 용접 제조 과정에서의 물성 제어 등에 필요한 정보에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 특히 최근에는 플럭스의 기능과 역할에 관한 사항을 충분히 이해하고자 하는 경향이 두드러지고 있는데, 예를 들면 원자력, 해양구조물 등과 같은 사용 환경이 엄격한 분야에 대한 품질 보증 요구가 점점 더 가혹하게 되고 있기 때문이다. 이것은 종래의 전통적인 방법과 같이 경험에 기초하여 새로운 플럭스를 개발하는 것은 매우 어려워지고 있기 때문이다. 그러나 서브머지드 아크 용접은 상기한 극한 환경 하에서 사용되는 분야에의 적용이 불가피한 상황이다.

플럭스의 기본 특성으로는 화학성분, 밀도, 입도 및

유동성이 중요하다. 물리적인 특성의 이해와 플럭스의 분류, 용접금속의 화학성분, 물성의 제어에 관련되는 가장 기본적인 사항이 플럭스의 화학성분이다. 이와 같은 화학성분은 통상 종래와 같은 해석적인 기법에 의해 얻어지는 것이고, 공식화되어 있는 것은 거의 없다. 왜냐하면 상업적인 이유 때문에 제조업체마다 플럭스의 특성에 관한 것을 극비 사항으로 관리하고 있기 때문이다.

플럭스의 입도는 용접 비드의 형상과 표면의 품질 특성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있고, 어떤 업체는 고전류용으로 입도가 미세한 플럭스를 공급하고 있다. 설계가 잘못 된 플럭스 공급 시스템에서의 마모에 의한 피상 플럭스의 품질 특성 열화의 정도는 입도를 측정하므로써 제어 및 판정할 수 있다. 플럭스의 유동성은 용접과정중에 아크 전방의 용접 홈 부분에 얼마나 용이하게 흘러 들 수 있는가의 정도와 관련되는 사항이다.

플럭스의 용융 거동도 중요하며, 용접금속이 응고될 때까지 플럭스는 반드시 액상이어야 한다는 것이다. 그러므로 철강재료를 용접할 경우에는 플럭스의 용융 온도는 반드시 1,400℃ 이하여야 되어야 한다.

용융 플럭스의 중요한 물성으로는 표면장력, 점성 및 전기전도도 등을 들 수 있는데, 용융 플럭스와 모재 사이의 표면장력이 크면 언더컷이 발생하는 경향이 있으므로 용융 금속과 플럭스가 용이하게 분리되기 위해서는 표면장력이 작아야 한다. 또한 표면장력은 아크 공동의 형성 거동에도 중요한 영향을 끼치게 된다.

일반적으로 점성은 표면장력보다 중요하며, 특히 용접금속 보호 작용, 아크 공동의 제어 및 용접부 표면형상의 제어를 확보하는 데에 중요하다.

전기전도도는 표면장력이나 점성에 비해서는 그 영향이 크지 않지만 어떤 플럭스의 경우에는 액적이 단락된 후 일시적으로 아크가 발생하지 않는 경우에도 용접전류값이 0으로 되지 않는다. 또 열팽창계수는 슬래그 박리성에 영향을 미친다고 알려져 있다.

대기중에서 상온에서 1,100℃까지 가열하여 각종 플럭스를 열중량 분석한 결과를 그림 1에 나타낸다. 이 그림에 나타낸 결과는 용접 과정중에 생길 수 있는 중량의 변화를 의미하며, 이와 같은 변화는 플럭스의 화학성분과 밀접한 관련을 가지고 있다. 이 그림에서 F1은 제조과정중에 완전히 반응이 끝난 용융 칼슘 실리케이트계 플럭스인데 가열에 동반되는 중량 변화가 없다. 이와 같은 계통의 플럭스는 쉽게 산화되는 원소를 함유하고 있지 않기 때문에 실제의 용접 작업에 문제없이 사용할 수 있다.

F2는 소량의 칼슘 탄산염을 함유하고 있고, 분해온도로 추정되는 온도에서 급속하게 중량이 줄어들고 있음을 알 수 있다. F11은 각종 합금원소이나 탈산제의 산화와 관련되어 중량이 늘어남을 알 수 있다.

F9와 F10은 탈산제를 함유하지 않는 반면, 염기성인 F12는 산화에 의해 상당히 중량이 증가한다. 이와 같은 플럭스를 리사이클링하여 사용하면 각종 용접결함의 발생이 조장된다.

망간 실리케이트계의 플럭스인 F3,4,5는 가열 초기

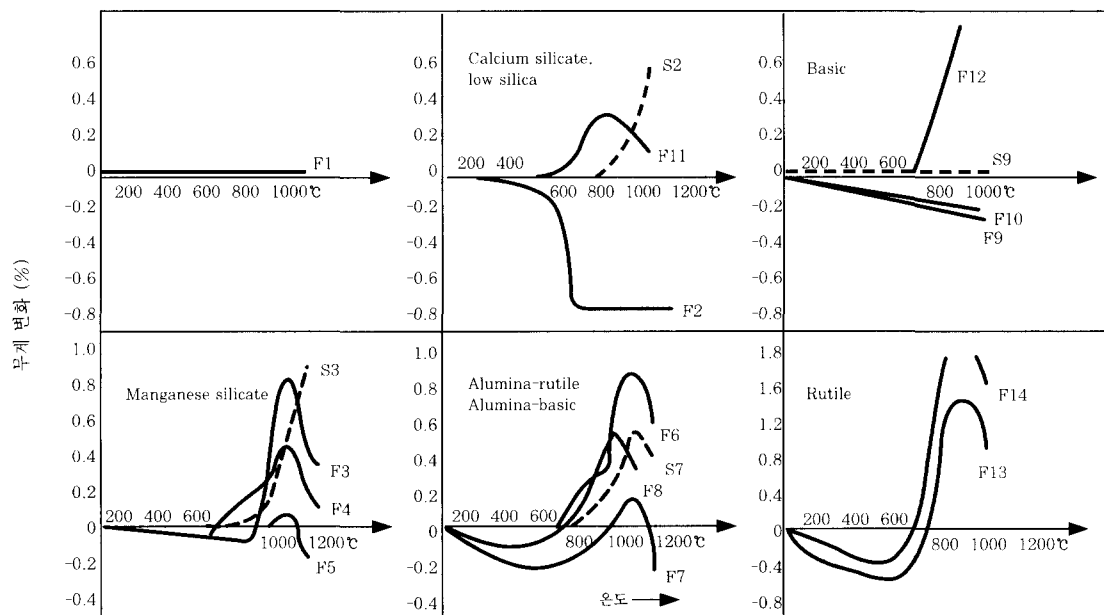


그림 1 플럭스와 슬래그의 열중량 분석(실선 : 플럭스, 점선 : 슬래그)

의 낮은 가열 범위에서는 중량의 변화가 적은 데, 이 변화의 원인은 습기나 불소 화합물의 소멸이 주된 원인이다. 그러나 가열온도가 높아지면 중량이 증가하는데 이것은 망간이 많이 산화되었기 때문에 생기는 현상이다. 알루미늄계 플럭스도 망간 실리케이트계와 유사한 거동을 나타낸다. 망간 함유량이 적은 경우의 산화에 의한 중량 증가의 원인은 Ti와 Zr과 관련되는 것이다. 이에 대한 근거는 알루미늄 및 알루미늄-염기성계의 플럭스보다 Ti 및 Zr 함유량이 많은 루타일계 플럭스인 F13,14의 중량 변화로부터 유추할 수 있다.

슬래그 S2,3 및 7은 700℃ 이상에서 중량이 증가하고, 따라서 철이 산화되어 FeO, Fe₂O₃ 등이 생성된 것이 원인으로 생각될 수 있다. 극소량의 Fe를 함유하는 S9의 경우에는 온도가 상승함에 불구하고 중량 변화가 거의 없다.

이와 같이 용접에 사용하는 플럭스의 종류에 따라 용접부의 물성에 변화가 생길 수 있기 때문에 목적에 따라 적절한 계통의 플럭스를 선정하는 것이 중요함을 알 수 있다.



- 정호신(鄭鎬信)
- 1954년생
- 부경대학교 재료공학부
- 용접균열, 용접야금, 확산용접
- e-mail : hsjeong@pknu.ac.kr