

FCAW의 아크 안정성 평가에 관한 연구

A Study on Evaluation of Arc Stability of FCAW Process

박 영진, 김 광수, 최 기영
현대중공업(주) 산업기술연구소

1. 서 론

아크 용접 프로세스 중에서 FCAW는 SMAW나 GMAW에 비하여 우수한 작업성과 생산성으로 인하여 조선을 비롯한 일반 강구조물 용접에서 널리 채용되고 있어, 용접재료의 사용량도 연간 약 6만톤 정도에 다다른다. 국내의 여러 용접재료 제조사에서는 FCAW 용접재료의 작업성 개선을 위하여 많은 노력을 기울이고 있고, 용접재료를 사용하는 사용자 측에서도 우수한 FCAW 용접재료의 선정을 통하여 용접 작업성을 개선하고자 많은 노력을 기울이고 있다. FCAW Process의 작업성은 아크 안정성, 흠 발생량, 스파타 발생량, 슬래그 제거성, 송급성, 비드 퍼짐성등 여러 가지 평가 분야가 있다. 이러한 FCAW Process의 작업성은 용접재료의 성능에 따라 크게 달라지므로 우수한 용접재료의 선정이 곧 우수한 용접 작업성을 확보하는 방법이라고 볼 수 있다. 용접재료의 올바른 선정을 위한 용접재료의 평가 작업에 있어서 가장 문제가 되고 있는 것은 정량적인 평가가 아직 기술적으로 곤란하여 정성적 평가를 실시하는 것으로서, 그 결과 용접재료의 선정에 있어서 신뢰성 저하와 시험 결과에 대한 자료로서의 가치 상실 문제가 발생하게 된다.

본 연구에서는 용접 작업성의 평가에 있어서, 아크 안정성 평가를 좀 더 정량화시키고 그것을 가시적으로 나타내기 위하여 아크 모니터링 시스템을 이용하여 아크 신호와 스파타 발생량과의 상관관계를 분석하였다. 아울러, 용접사의 기능과 판단에 의존하던 적정 용접 조건 선정 작업을 용접사의 기능에 의존하지 않는 기술적인 방법으로 바꾸어 보고자 용접 조건에 따른 비드 형상, 스파타 발생량 및 아크 신호특성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 시험 방법

시험에 사용된 용접재료는 2가지 종류의 AWS E71T-1 규격의 1.2 ϕ 와이어이고, 아크 신호의 측정은 각 용접조건별로 용접전류와 전압 신호를 1초 5,000개씩, 5초간 획득하여 아크 신호의 특성을 분석하였다. 용접조건별 스파타 발생량 측정은 20mm 두께, 폭 150mm, 길이 400mm의 판재를 이용하여 Bead On Plate 용접을 시편 길이 방향으로 3 pass 용접을 실시하였고, 용접후 발생된 스파타를 포집하여 0.5mm이상의 크기와 0.5mm 이하의 크기로 나누어서 그 무게를 측정하였고, 그것을 전체 용착금속의 무게로 나누어서 스파타 발생률을 산출하였다. 용접재료의 비드 퍼짐성 측정을 위해서는 용접 조건별로 만들어진 용접부 단면의 마크로 에칭 사진을 분석하여 비드 단면 형태를 분석하였다.

2.2 시험 결과

1) 용접 조건별 FCAW의 아크 특성 분석

먼저, 용접 전류를 150A의 저전류 영역에서부터 50A를 증가시키며 350A의 고전류 영역까지 변화시켰고, 전압은 각 전류별로 3가지 전압 즉, 용접사가 선정한 각 전류별 적정 전압(V_s), 그리고 V_s-3V , V_s+3V 의 전압을 사용하였다. 각 용접조건에서 얻어진 용접신호를 분석한 결과, 저전류 저전압 영역에서는 단락이행형태를 보였고, 전류와 전압이 높아짐에 따라 입상 이행형태와 스프레이 이행형태로 바뀌어짐을 알 수 있었다.

2) 입상이행 영역에서의 아크 안정성 분석

전압에 상관없이 대부분 입상 또는 스프레이 형태를 보이는 전류인 325A를 택하여 전류를 고정시키고, 용접 전압을, 용접이 가능한 최저 전압인 24V에서부터 최고 42V까지 3V간격으로 변화시키면서 전압 변화에 따른 아크 신호의 특성 변화와 스파타 발생량의 변화를 살펴보았다. 용접신호의 분석은 아크모니터링 시스템을 이용하여 각 조건에서 5초간 얻어진 25,000개의 용접 전류와 전압 신호에 대하여 전류와 전압 신호의 안정성을 나타낸다고 볼 수 있는 표준 편차를 구하고 그것을 비교 분석하였다. 2가지 용접재료에 대한 아크 신호를 비교 분석한 결과, 그림 2와 3에서 볼 수 있는 바와 같이 전류와 전압의 표준 편차는 스파타 발생량과 일치되지 않는 경향을 보여 주었다. 즉, A와 B 두 가지 용접재료 모두 용접 전압이 증가함에 따라 용접전류와 전압의 표준편차는 감소하였지만, 스파타 발생량은 이와는 달리 A 용접재료는 거의 변함이 없었고, B 용접재료는 오히려 증가하였다. 따라서, 용접전류와 전압의 표준편차로서는 스파타 발생량 즉, 아크 안정성을 평가하기는 곤란함을 알 수 있었다.

그리고, 각 조건별로 용접비드의 단면 마크로를 취하여 비드 퍼짐성을 살펴보았다. 그 결과, A와 B 두 용접재료 모두 24V 영역에서는 용접이 불가능하였고, 27V 부터는 용접이 가능하였는데, 스파타 발생량이 적은 B 용접재료는 33V 영역까지 비드 퍼짐성이 양호하였고, A 용접재료는 36V 영역까지 비드 퍼짐성이 양호하였다. 따라서, 스파타 발생량과 비드 퍼짐성을 고려하여 적정 용접 조건을 선정한다면, 용접전류 325A에서의 적정 전압은, A 용접재료는 36V 부근으로 그 범위가 좁았고, B 용접재료는 33-36V 부근으로 그 범위가 넓었다.

3. 결 론

FCAW의 입상 이행영역에서 아크 신호를 분석한 결과, 용접 신호의 안정성과 스파타 발생량은 서로 일치하지 않았다. 그리고, 용접전류 325A에서의 적정 전압은, A 용접재료의 경우, 비드 퍼짐성이 양호하고 스파타 발생량이 적은 영역인 36V 부근 영역으로서 그 범위가 좁았고, B 용접재료는 33-36V 부근 영역으로서 그 범위가 넓었다.

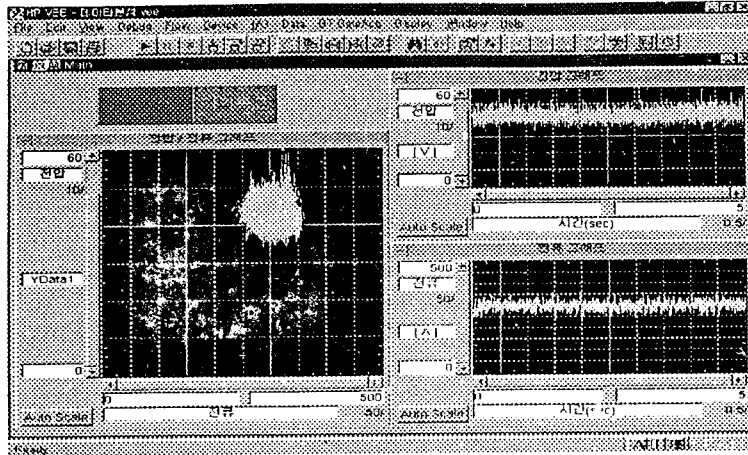


그림 1 아크 신호 획득 및 분석 프로그램

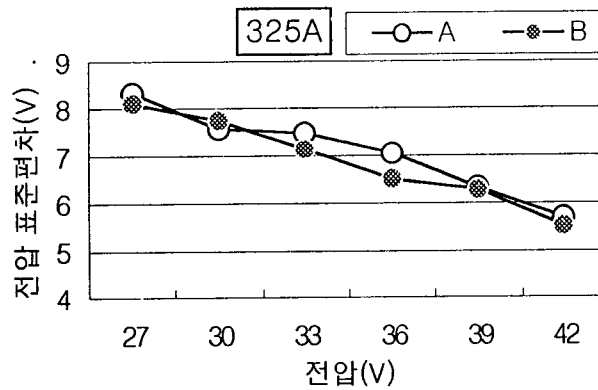


그림 2 용접 전압의 변화에 따른 전압 표준편차의 변화

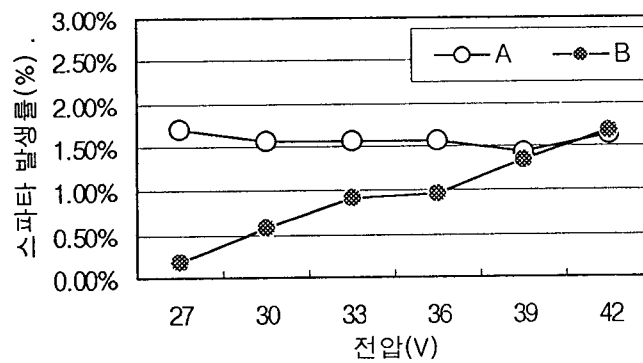


그림 3 용접 전압의 변화에 따른 스파타 발생량의 변화