

CO₂ 용접기 와이어 송급장치에서 Wire Straightening Device의 최적 가압 조건 설정에 관한 연구

A Study on fittest pressurization condition setting up of straightening device
in wire feeder of CO₂ welding M/C

*이보영, **강명수, **권재식, **박정길

* 한국항공대학교 기계설계학과

** 한국항공대학교 대학원 기계설계학과

1. 서론

용접용 와이어는 스펴(spool)에서 와이어 직선기(wire straightening device)를 거쳐 송급 모터에 부착된 와이어 송급 롤러(wire feeding roller)와 가압 롤러(pressure roller) 사이의 송급력으로 케이블내의 라이너(liner)를 지나 토치에서 높은 전류와 낮은 전압에 의해 용접이 되게 된다. 그러나 케이블의 길이가 길어지거나 케이블이 꼬여져 있는 경우에는 라이너와 와이어와의 마찰저항 및 불규칙적인 접촉 등으로 인해 송급력이 떨어지고 토치 끝에서의 와이어의 송급 거동은 매우 불규칙해지게 된다. 이로 인해 용접 불량 발생하고 생산성 저하를 일으키게 된다. 특히 거대한 구조물 제작 시에는 이러한 문제가 더욱 심각해진다.

또한 현재 국내 와이어 송급장치 제조업체에서는 경비절감과 현장 작업자들이 직선기의 가압을 조절하지 않고 작업을 하여 송급장치에서 직선기를 없앤 장비를 제작하고 있다.

따라서 본 연구에서는 송급성 향상 기술 및 와이어 송급장치 제조업체에 직선기 제조기술 지원을 목적으로 직선기가 부착되어 있지 않은 와이어 송급장치(wire feeder)와 부착된 송급장치를 사용하여 직선기의 가압을 조절하여 최적의 송급성을 얻을 수 있는 가압 조건을 확인한다.

2. 실험 조건 및 방법

실험에 사용된 직선기의 형상을 사진 1에 나타내었다. 와이어는 AWS ER70S-G(KS YCW15)의 국산 솔리드 와이어로써 cast 75cm, 직경 1.2mm, 표면에 화학도금을 한 연강 및 50kgf/mm²급 고장력강용이고, 용접 모재는 일반 탄소강을 사용하였다. 케이블은 라이너 내경이 1.6mm이고 길이는 5m이다.

전류는 저전류역(100A), 중전류역(200A), 고전류역(300A)으로 나누고, 용접 속도는 저전류역에서 4.5mm/sec, 중전류 및 고전류역에서는 13.6mm/sec로 하였으며 전압은 일원조정, 리액터 0으로 세팅하였다.

케이블의 조건에 대한 와이어의 송급저항을 확인하기 위해 케이블이 꺾이지 않게 길게 늘어놓은 경우와 케이블을 직경 38.5cm의 원으로 한바퀴 감아놓은 형상의 두 가지 경우로 설정하였다. 이하 전자를 '직선 상태', 후자를 '꼬임 상태'라 부른다.

가압 조건은 직선기가 없는 '가압 없음' 조건, 와이어가 직선기를 평행하게 통과되게 하는 '평행 가압' 조건 그리고 평행 가압 이상으로 더 가압한 '과도(過度) 가압[I]' 조건과 '과도가압[II]' 조건'으로 나누었다. 그림 1에 직선기의 가압 형상을 도시하였다.

보호가스는 100% CO₂ 가스를 사용하였고 유량은 20 l/min이었다.

실험은 하나의 조건으로 3회씩 비드 온 플레이트(bead-on-plate)로 실시하여 이들의 평균 값을 산출하였다.

가압 조건이 바뀔 때마다 송급모터에서 와이어를 절단하고 케이블 내의 와이어를 제거하여 가압 조건을 다시 세팅한 후 와이어를 송급하여 앞선 가압 조건에서의 영향을 완전히 없앴다.

데이터는 가압 없음, 평행 가압 조건의 경우 용접 시작 3.5초 후부터 8초 동안의 것을, 과도 가압[I]과 [II]의 경우 용접 시작 3초 후부터 10초 동안의 것을 사용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 와이어 송급속도

3.1.1 평균 와이어 송급속도

그림 2는 각 가압 조건별 평균 와이어 송급속도를 나타내고 있다. 케이블이 꼬임 상태일 경우 평행 가압 조건이 가장 우수한 평균 송급속도를 보이고 있다. 가압 없음 조건의 경우에 전류가 증가할수록 평행 가압 조건보다 3.4% - 9.6% - 13.9%로 계속 증가를 하고 있다. 이는 와이어가 라이너를 지날 때 가압 없음 조건의 경우 라이너 벽면과의 접촉시간이 평행 가압의 경우보다 접촉 면적이 줄어 마찰 저항이 작아지지만 벽면과의 불규칙적인 접촉으로 인한 불규칙 횡진동 발생 때문으로 볼 수 있다.

케이블이 직선 상태에 있을 경우에는 과도 가압[II]의 평균 와이어 송급속도가 가장 우수하게 나온다. 이것을 앞의 경우와 연관지어 보면, 와이어 송급장치를 통과한 와이어가 이루는 형상이 평행 가압 조건일 때 보다 반경이 더 커지고 나선형으로 이루는 직경도 커져 평행 조건일 때보다 더 규칙적인 횡진동을 이루기 때문으로 보인다. 그러나 케이블이 꼬임 상태에 있을 때 평행 가압 조건의 평균 속도가 더 빨라진 것으로 미루어 케이블 조건이 와이어 직선기의 가압 조건보다 송급성에 미치는 영향이 더 크고 이로 인해 뒤에 언급될 송급부하가 과도 가압[I] 조건에서 더 크게 나오게 된 것으로 볼 수 있다.

3.1.2 와이어 송급속도 안정성

그림 3은 와이어 송급속도의 송급 안정도를 나타낸 것이다. 그림을 보면 평행가압 조건을 기준으로 가압 없음과 과도 가압 조건으로 갈수록 와이어 송급 안정성이 떨어지게 되는데 와이어 송급 불안정은 아크 불안정을 수반하게 되며 결과적으로 건전하지 못한 용접부를 얻게 한다. 특히 과도 가압[II]-고전류역에서는 송급이 제대로 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다. 이 현상은 케이블이 꼬임 상태에 있는 경우에, 그리고 전류가 증가할수록 더욱 심해진다. 와이어 평균 속도의 경우 케이블이 직선 조건에 있을 때 과도 가압[II]의 조건에서 가장 빠른 송급속도를 나타내었지만 송급 안정성 측면에서는 평행 가압 조건이 우수하였다.

3.1.3. 와이어 송급속도의 변동계수

와이어 송급속도의 표준편차를 평균 와이어 송급속도로 나눈 변동계수를 이용하여 같은 기준에서 송급성을 평가하면 그림 4에서 보는 바와 같이 평행 가압 조건에서 그 값이 0에 가깝고, 서로 집중되어 있음을 알 수 있다. 이는 전류 조건, 케이블 조건 등의 조건 변화에 대해 평행 가압 조건이 가장 안정되어 있다고 할 수 있다.

3.2 송급모터의 송급부하

3.2.1 평균 와이어 송급부하

그림 5는 송급모터에 흐르는 평균 전류값을 나타낸 것이다. 과도 가압[II]를 제외하고는 각 전류 및 케이블 조건별로 비슷한 값을 보이고 있다. 특히 케이블이 꼬임 상태에 있을 경우 평행 가압을 기준으로 100A-가압 없음 조건 3.1%, 과도 가압[I] 조건 3.1%, 200A-각각 1.3%와 2.0%, 그리고 300A-각각 1.5%, 1.5%로 약 3% 이하의 값을 나타내고 있다.

평행 가압과 과도 가압[I]과의 차이는 평행 가압을 기준으로 볼 때 전체 평균 2%의 미만이고 가압 없음과도 최고 5%의 차이를 보이고 있는데 이는 무시할 수 있는 이 범위이다. 또한 과도 가압[II]와는 평균 10% 이상 차이가 발생하였다.

3.2.2 와이어 송급부하 안정성

같은 전류의 경우 케이블이 꼬임 상태에 있을 때의 송급부하 안정성이 떨어지고 가압이 크게 작용할수록 송급 안정성은 떨어진다. 전류 및 케이블 조건 변화에 대한 송급 안정성 변화는 평행 가압 조건이 가장 작았다.

3.2.3 와이어 송급부하의 변동계수

같은 전류, 같은 케이블 조건에서 가압이 커질수록, 같은 와이어 직선기 가압 조건에서는 전류가 높을수록 오히려 변동계수는 작아졌다.

3.3. 초당 단락 횟수

저전류역에서는 단락 이행 모드, 중전류역에서는 단락 이행 모드와 입적 이행 모드의 혼합형, 고전류역에서는 입적 이행 모드를 나타내고 있고 각각의 경우에 이행 모드가 바뀌는 경우는 없다. 실제 과도 가압[II]-고전류역에서는 송급 상태가 나빠 제대로 된 용접비드가 전혀 형성되지 않았다.

4. 결 론

와이어 송급장치에 설치되어 있는 와이어 직선기의 가압 조건에 따른 송급성 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 케이블이 꼬임 상태일 경우 평행 가압 조건이 가장 빠른 송급속도를 나타내었고, 직선 상태의 경우 과도 가압[I] 조건에서 가장 빠른 송급속도를 나타내었고, 송급속도의 안정성은 평행 가압 조건이 가장 우수하였고 이 조건을 기준으로 안정성은 떨어졌다.
2. 전류 및 케이블 조건의 변화에 대해 평행 가압 조건의 경우가 송급 변화가 가장 안정되었다.
3. 같은 전류 및 케이블 조건에서 와이어 직선기의 가압이 커질수록, 같은 와이어 직선기 가압 조건에서는 전류가 높을수록 변동계수가 작아졌다.
4. 와이어 직선기의 가압 조건에 따른 이행 모드 변화는 일어나지 않았다.
5. 가압 없음 조건의 송급성이 평행조건의 경우보다 송급속도에서 10%, 송급 안정도에서 30% 이상 떨어지므로 와이어 송급장치에서의 직선기는 반드시 설치되어야 한다.

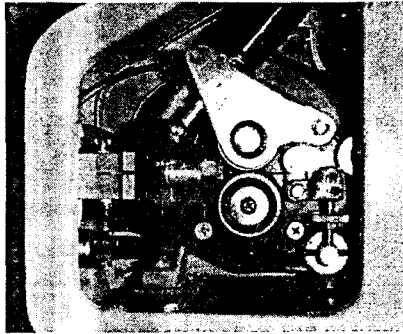


Photo 1 The shape of wire straightening device

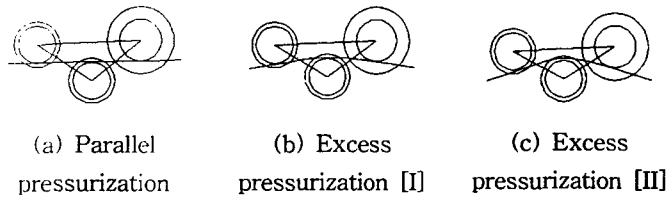


Fig 1 The pressurization shape of wire straightening device

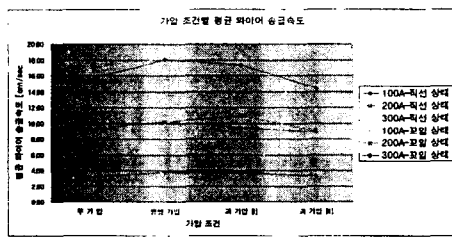


Fig 2 Average wire feed velocity by pressurization conditions [I]

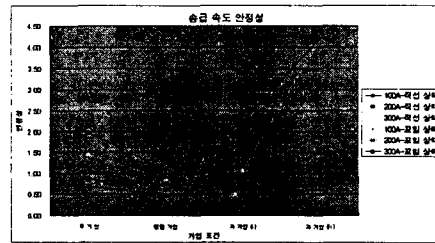


Fig 3 Feed stability for wire feed velocity

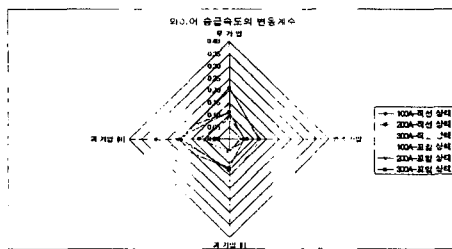


Fig 4 Fluctuations coefficient of wire feed velocity

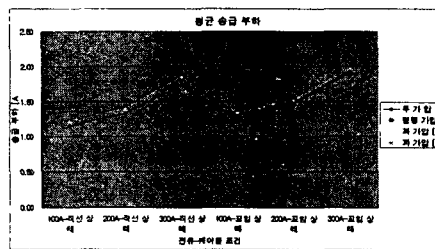


Fig 5 Average current pass through motor