

# CO<sub>2</sub>용접에 의한 고속편면 맞대기용접의 검토

## A Study on the High Speed One Side Butt Welding by CO<sub>2</sub> Arc Welding

○최우현\*, 양종수\*, 이성규\*\*, 김운수\*\*\*, 조상명\*\*\*

\* (주)한진중공업, \*\* 동인 MT

\*\*\* 부경대학교 생산가공공학과

### 1. 서론

선박이나 육상용 강구조물의 용접 생산성은 용접시의 전류 및 용접 속도와 거의 비례한다고 할 수 있다. 최근 국내의 용접 현장에 있어서 필렛용접 속도는 상당히 고속화 되어 있으며, 다전극을 동시에 주행시키는 등 그 용접 생산성은 현저하게 높아지고 있다.

그러나, 맞대기용접에 대한 생산성은 아직 그다지 높지 않은 편이다. 특히 이면 비드를 얻으면서 편면용접을 자동으로 실시하는 경우에는 뒷면에 받침(Backing)을 사용하게 되고, 이때에는 고속용접하면, 배서 균열과 같은 고온 균열이 자주 발생하고, 비드 외관이 불안정하게 되어 그 속도는 그다지 높게 할 수가 없었던 것이다.

따라서 본 연구에서는 받침을 댄 V그루브 맞대기이음에 대하여 루트패스의 이면비드 용접을 고속으로 수행하기 위하여 CO<sub>2</sub>용접을 이용하여 와이어의 종류와 아크전압을 변화시키면서 실험을 실시하였다.

### 2. 시험편 및 실험 방법

본 실험에서는 평탄한 형상의 세라믹 받침을 댄 V그루브 맞대기이음(연강, 판두께 13.5mm, 용접선 길이 400mm)에 대하여 아래보기 자세의 고속 CO<sub>2</sub>용접(정격용량500A, Thyristor용접기)을 실시하였다. 용접은 자동주행대차에 의하여 100 cm/min의 일정한 속도로 루트 패스만을 수행하였고, 사용한 와이어는  $\phi$ 1.4mm인 솔리드 와이어와 메탈코어드 와이어 두 종류로하였다. 실험조건은 Table 1과 같다. 전류와 전압은 개별조정으로 설정하였으며, 솔리드 와이어의 송급속도는 1380cm/min(평균 출력전류 430A)정도로 조정하였고, 메탈코어드 와이어는 2050cm/min(평균 출력전류 430A)정도의 일정한 값을 갖도록 하였으며, 이 상태에서 전압만을 38V에서 48V까지 변화시켰다. 루트 간격은 기본적으로 1mm로 하였으나 솔리드 와이어에 대해서는 0mm에 대해서도 검토하였다. 용접시의 토치는 약10°의 후진각으로 하였고, 와이어 돌출길이는 약20mm로 일정하게 하였다.

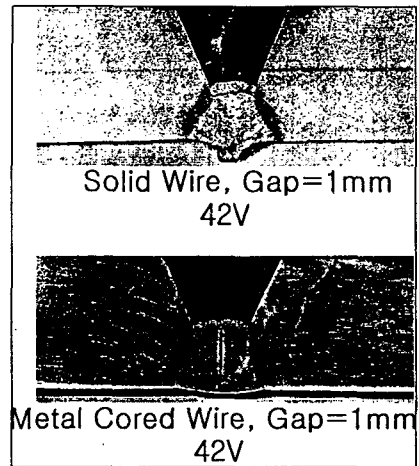
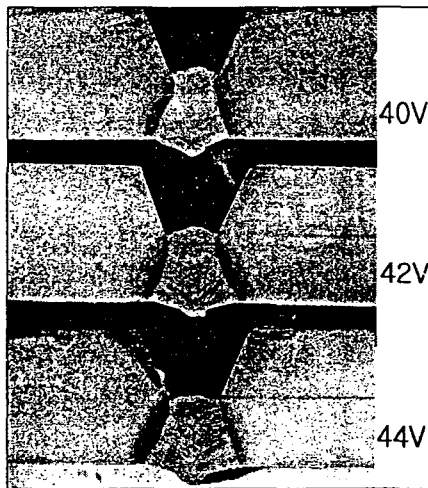
또한 용접시에는 아크모니터링 시스템을 써서 전류와 전압 파형을 관찰하였으며, 아크 안정성을 평가하기 위하여 아크저항의 변동계수를 계산하여 비교하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Photo 1은 본 실험에서 얻은 용접 시험편 횡단면의 대표적인 예를 나타낸 것이다. (a)는 루트 간격 0mm인 시험편에 대하여 솔리드 와이어를 써서 전압 40, 42, 44V로 용접하여 얻은 마크로 단면으로서 단면 형상만으로 판단할 경우, 우수한 품질이라고 할 수 있다.

Table 1 Welding condition for experiments(CO<sub>2</sub> arc welding)

Welding Current	Welding Speed	Root Gap	Wire	Wire Feed Rate	Arc Voltage
430 A (Output)	100 cm/min (Flat position)	0 mm (V-groove)	Solid Wire ( $\phi$ 1.4)	1380 cm/min	38 V
					40 V
					42 V
					44 V
					46 V
		1 mm (V-groove)	Solid Wire ( $\phi$ 1.4)	1380 cm/min	38 V
					40 V
					42 V
					44 V
					46 V
			Metal Cored Wire ( $\phi$ 1.4)	2050 cm/min	38 V
					40 V
					42 V
					44 V
					46 V
					48 V



(a) Solid wire(root gap 0mm) (b) Solid & metal cored wire (root gap 1mm)

Photo 1 Comparison of various macro-sections obtained by root pass welding

(b)는 루트 간격 1mm인 이음 시험편에 대하여 42V의 동일한 전압으로 솔리드 와이어(위쪽 사진) 및 메탈코어드 와이어(아래쪽 사진)로 용접하였을 때의 단면을 보인 것이다. 메탈코어드 와이어의 중앙부에는 전형적인 배씨 균열이 발생하여 있다. 이 고온 균열은 루트패스 용접에 있어서 용접부 단면의 폭에 비하여 높이가 1.1-1.4배이상 커서, 용접금속내 좌우의 주상정이 중심부에서 만날 때 그 상대각이 180° 에 가깝게 되면 잘 생기는 것으로 알려져 있다.<sup>1)</sup> 또한 이 고온 균열은 모재와 용접금속의 화학성분과 용접속도 등에도 민감하게 지배되는 것으로 알려지고 있다. 솔리드 와이어로 용접한 경우는 큰 아크력 때문에 이면 비드의 중심에 불룩하게 튀어나오는 현상 즉 손가락 비드(Finger bead)와 유사한 것이 나타났고, 이것 때문에 용접금속내의 주상정 상대각은 작아졌음을 알 수 있다. 그러나 솔리드 와이

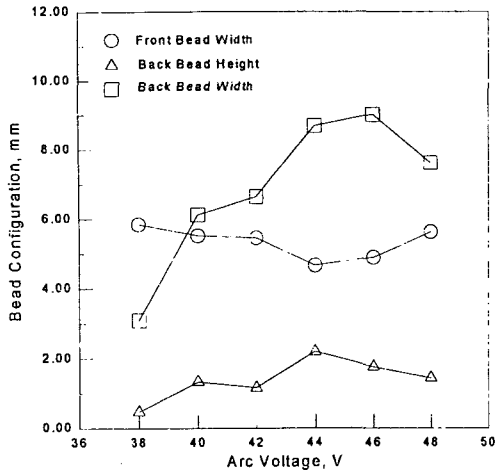


Fig.1 Bead configuration for solide wire (Root gap 0mm)

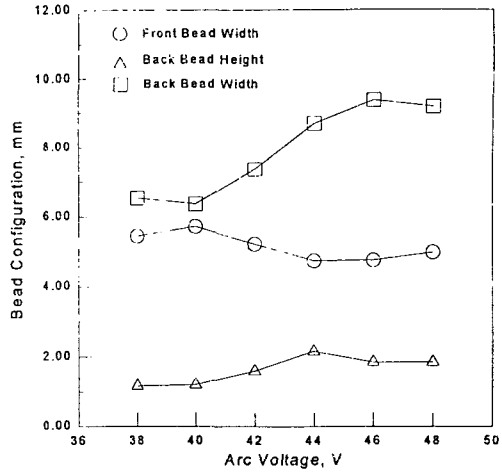


Fig.2 Bead configuration for solide wire (Root gap 1mm)

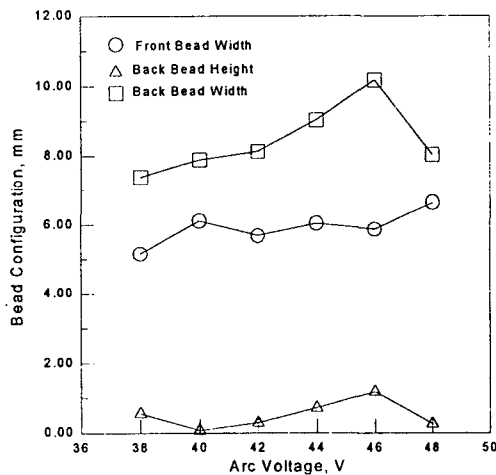


Fig.3 Bead configuration for metal cored wire (Root gap 1mm).

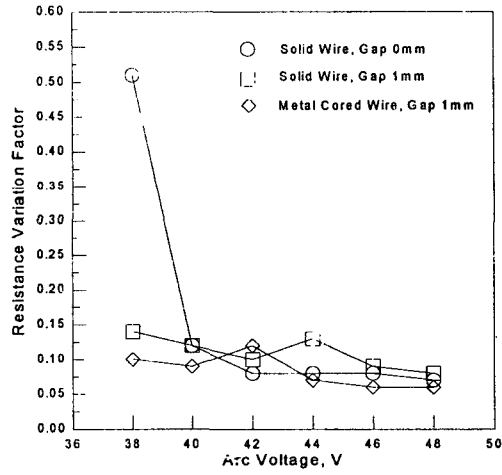


Fig.4 Resistance variation factor for various welding condition.

어를 쓰는 경우라도 루트 간격 1mm, 전압 48V인 경우는 배씨 균열이 생겼다. 즉 루트 패스 이면 비드 용접에서 고온 균열은 솔리드 와이어보다 메탈코어드 와이어에서 잘 생기고, 루트 간격이 크면 잘 생긴다고 할 수 있다.

Fig.1 및 Fig.2는 루트 간격 0mm와 1mm인 시험편에 대하여 솔리드 와이어를 써서 용접 하였을 때, 표면 비드와 이면 비드의 폭 및 이면 비드의 높이를 측정하여 나타낸 것이다. 각 전압에서 얻은 비드 치수는 30mm간격으로 10점씩 측정하여 평균한 값이다.

Fig.3은 루트 간격 1mm인 시험편에 대해 메탈코어드 와이어를 써서 용접하여 얻은 비드에 대한 경향이다. 메탈코어드 와이어로 용접하면 이면 비드의 높이가 솔리드 와이어를 써서 용접할 때보다 낮게 되어 아크력이 작았음을 알 수 있다. 표면 비드의 폭은 솔리드 와이

어에서는 전압에 따라 거의 변하지 않거나 전압 증가에 따라 약간 감소하는 경향을 보이고 있어서 일반적인 비드 놓기 용접(Bead on plate)에서의 현상과는 다른 특성을 보였다. 이것은 전압 증가에 따라 아크력이 커지기 때문에 용융금속이 아래로 밀리면서 이면 비드를 크게 형성하기 때문이라고 판단된다. 그러나 메탈코어드 와이어에 의한 경우는 전압 증가에 따라 표면 비드의 폭은 약간 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한 전체적으로 표면 비드의 폭보다 이면 비드의 폭이 크게 되었으며, 이면 비드의 폭은 전압이 증가하면 커지지만 어느 한계를 넘어서면 오히려 작아지는 것을 알 수 있다.

Fig.4는 루트 간격 0 및 1mm일 때, 각 와이어를 써서 전압을 바꾸면서 용접하였을 때의 아크 안정성 즉 아크저항의 변동계수를 보인 것이다. 교류피복 아크용접에서는 이 저항 변동계수가 0.3이하이면 아크가 상당히 안정된 것으로 평가되었다.<sup>2)</sup> 그러나 본 실험에서와 같이 직류전원을 쓰면서 자유이행(Free flight)만에 의하여 용접되는 대전류 GMAW에서는 저항 변동계수가 적어도 0.15이하는 되어야 아크가 안정된 것으로 판단된다. 전체적으로 메탈코어드 와이어의 경우가 솔리드 와이어보다 아크 안정성이 우수한 것으로 나타났다. 특히 루트 간격 0mm, 솔리드 와이어에서는 저전압 영역인 38V에서 변동계수가 0.5이상으로 되어 현저하게 아크 안정성이 나빠지는 것을 알 수 있다. 즉 일반적으로 알려진 바와 같이 솔리드 와이어의 경우는 적정 전압 범위가 좁아서 양호한 아크 안정성으로 작업할 수 있는 조건을 찾기가 힘들지만, 플렉스코어드나 메탈코어드 와이어는 전압이 상당히 크게 변해도 아크 안정성이 심하게 나빠지지 않는 특성을 가지고 있는 것이 정량적으로 밝혀졌다고 할 수 있다. 그러나 메탈코어드 와이어 42V의 조건에서는 다소 비정상적으로 큰 변동계수로 되어 아크가 약간 불안정하였음을 알 수 있다. 이것은 와이어의 송급 불안정 때문에 생긴 것으로 보이며, 이러한 현상은 루트 간격 1mm인 솔리드 와이어 44V의 조건에서도 나타났다.

#### 4. 결론

루트 간격 0, 1mm인 V그룹 맞대기 이음에 대하여 루트 패스 이면 비드 용접을 솔리드 와이어와 메탈코어드 와이어를 써서 100cm/min의 고속으로 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고속 CO<sub>2</sub>용접을 루트 패스에 적용할 때, 용접금속 중심부 최후 응고부에서 생기는 배찌 균열은 솔리드 와이어보다 메탈코어드 와이어에서 잘 발생하였으며, 이것은 용접금속내의 좌우 주상정 상대각이 180° 와 같이 큰 경우에 자주 발생하였다.
- 2) 이면 비드의 높이는 메탈코어드 와이어보다 솔리드 와이어에서 더 높게 나타나서 용접시의 아크력은 솔리드 와이어의 경우가 보다 큰 것으로 사료된다.
- 3) 아크저항의 변동계수에 의하여 아크 안정성을 평가한 결과 메탈코어드 와이어가 솔리드 와이어보다 우수한 것으로 판명되었다.

#### [참고문헌]

- 1) 稻壇, 中山 : “やさしい炭酸ガスアーク溶接”, 産報出版, 1977
- 2) 조상명 : “교류피복 아크용접에 있어서 아크 안정성의 정량적 평가에 관한 연구”, 대한 용접학회논문집 제16권 제4호, 1998.