

# CO<sub>2</sub>용접의 Arc 특성에 미치는 Flux Type의 영향

Effect of Flux Type on Arc Characteristic of CO<sub>2</sub> Welding

강성원\* 유덕상\*\* 안영호\*\*\* 오은식\* 정상호\*

\* 부산대학교 조선해양공학과

\*\* (주)세아 ESAB 용접기술연구소

\*\*\* 포항종합제철(주) 후판연구팀

## 1. 서론

GMA(Gas Metal Arc) 용접은 용접 공정의 자동화 추세에 따라 적용율이 급신장되고 있으며, 그 중 CO<sub>2</sub>용접은 반자동 또는 자동으로 용접이 가능하고 경제적이고 고능률적이라는 점 때문에 특히 많이 이용되고 있다.<sup>1)</sup> CO<sub>2</sub>용접시 재료로는 솔리드 와이어나 플렉스 코어드 와이어가 주로 사용되며, 현재 조선, 건설, 자동차를 비롯하여 제조업계 전반에 걸쳐 그 적용범위가 급속히 확대되고 있다.

따라서 본 연구에서는 CO<sub>2</sub>용접시 많이 사용되고 있는 Titania계와 Semi-metal계 flux cored wire를 이용하여 아크특성, 즉 용적이행형태, 용적이행주파수, 아킹시간, 단락시간 및 아크신호 변동정도등을 평가함으로써 CO<sub>2</sub>용접시 용접부 품질 평가 및 용접조건 설정에 참고자료로 제공코자한다.

## 2. 실험방법

본 연구에 사용된 용접와이어는 국내 시판재인 직경 1.2mm의 CO<sub>2</sub>용접용 Titania계와 Semi-metal계 F.C.W로서 기본성분은 A5.20 E71T-1, A5.20 E70T-1에 상당하는 것을 사용하였다. 각 시험재의 용착금속의 화학성분은 Table 1과 같다. 용접기는 500A급 SCR제어형을 사용하였으며, 보호가스는 100% CO<sub>2</sub>가스를 사용하였다. 용접모재는 연강(SS400)으로 하였으며, 표면을 기계가공하여 녹을 완전히 제거한 후 사용하였다. 용접조건으로는 용접속도를 30cm/min, gas flow rate를 20l/min 및 torch gap을 17mm로 하였고, 대전류 영역을 320A, 중전류 영역을 220A, 250A, 저전류 영역을 140A로 구분하였다. 각 전류 조건별 전압변화는 용접가능한 범위로 한정하고, 최저 전압으로부터 최대 전압까지 2V씩 증가시켰다.

용적이행현상을 평가하기 위하여 용접아크 평가장치를 구성하여 용접중 10초동안 bead-on-plate 용접을 길이방향으로 실시하여 용접이 진행되는 동안 아크전류·전압 파형을 각각 측정 하였으며, 용접 조건당 2회씩 반복 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 Flux type 별 용적이행 특성

GMA용접에 있어서 용접전류는 용적이행 형태를 결정하는 주요한 변수이다. CO<sub>2</sub>용접에 있어 용적이행 형태는 단락이행과 globular이행의 두 가지로 나타나고 있음은 잘 알려져 있다.<sup>2)</sup> 즉, 용접전류의 세기에 따라 용적이행 형태가 구분되어지며, 용접전류의 범위는 저전류, 중전류 및 대전류 영역으로 나누어진다. Fig. 1(a)는 CO<sub>2</sub>용접의 경우 저전류 영역에서 Titania계와 Semi-metal계 F.C.W의 예로써 저전류 영역 140A-20V의 아크전류, 아크전압 변화를 나타낸 것이다. 용적이행 현상은 아크전압의 순간적인 변화로 관찰할 수 있으며, 용적이행 형태는 두 type 모두 용적이행의 과정이 아킹시간과 단락시간으로 명확히 구분되어지는 전형적인 단락이행 형태를 보이고 있지만, 아킹시간 및 용적이행주파수는 flux type에 따라 다소 차이를 보이고 있다. 즉, Semi-metal계의 경우 Titania계에 비하여 아킹시간은 짧고, 용적이행주파수가 많음을 알

수 있다. Fig. 1(c)는 두 flux type의 대전류 영역 320A-34V의 아크전류, 아크전압 변화를 나타낸 것이다. 이러한 이행 형태는 전술한 저전류 영역과는 다른 용적이행 현상을 보이고 있으며, 용접 시간에 따른 아크전압의 변화는 일정한 주기성을 보이고 있지만, 단락이행 형태와는 달리 용적이행의 단위주기가 명확하지는 않지만 CO<sub>2</sub>용접의 자유비행 형태 중 전형적인 globular이행을 보이고 있다. Fig. 1(b)는 저전류 영역의 용적이행으로부터 대전류 영역의 용적이행 형태로 변화하는 천이영역으로서 이행 현상이 공존하는 양상을 보이고 있다. 천이영역에서 많이 관찰되는 순간단락현상(그림 중 화살표)이 Semi-metal계가 Titania계에 비하여 많이 발생하고 있음을 알 수 있다.

### 3.2 Flux type 별 용접 전압에 따른 용적이행 해석

두 type의 F.C.W를 이용하여 저전류, 중전류 및 대전류 영역에서의 용접조건에 따른 아크전압의 변화를 검토하였다. Fig. 2는 저전류 영역인 140A의 일정전류 조건에서 용접전압만을 18V에서 26V로 2V씩 변화시킨 경우이다. 용접전압이 증가함에 따라 용적이행 주파수는 현저히 감소하고, 아킹시간은 증가하고 있음을 알 수 있다. 한편 Titania계의 경우는 22V의 용접전압에서 globular이행 현상(그림 중 화살표)이 발생하고 있고, Semi-metal계의 경우는 24V에서 globular이행 현상이 발생하고 있다. Fig. 3는 저전류 영역에서 두 type의 F.C.W의 전형적인 단락이행에서의 평균 아킹시간과 단락이행주파수를 나타낸 것이다. 140A의 일정전류 조건에서 용접전압만을 18V~22V로 증가함에 따라 Titania계가 Semi-metal계보다 아킹시간은 길어지며, 단락이행주파수는 감소함을 알 수 있다. 따라서 flux type은 아킹시간 및 용적이행주파수의 변화에 따라 영향을 미치고, 용접 중 이행되는 용적의 크기에도 영향을 미친다.

Fig. 4는 220A, 250A의 중전류 영역에서 용접전압에 따른 아크전압의 변화를 나타낸 것으로 용접전압이 증가함에 따라 단락이행에서 globular이행으로 변화하는 천이영역으로 Semi-metal계가 Titania계보다 순간단락현상이 다소 많음을 알 수 있었다. Fig. 5는 대전류 영역에서 아크전압의 변화를 나타낸 것이다. 용적이행 형태는 단락이행과 globular이행이 혼재된 형태를 보이다가 용접전압이 일정치 이상으로 증가하면 순간단락현상, 단락이행 및 globular이행이 혼재된 형태로부터 안정된 globular이행 형태로 변화함을 알 수 있다. Fig. 6은 globular이행이 비교적 전형적으로 나타나는 320A, 32V~36V 용접조건에서의 아크전류와 아크전압의 표준편차를 나타낸 것으로 Titania계가 Semi-metal계에 비하여 아크전류와 아크전압의 표준편차가 다소 감소함을 알 수 있다. 즉, 전형적인 globular이행 영역에서의 아크안정성은 Titania계가 Semi-metal계에 비하여 양호한 경향을 보이고 있다.

## 4. 결론

SCR제어 방식의 용접기와 보호가스로서 100% CO<sub>2</sub>가스를 사용하여 용접조건 변화에 따른 두 flux type의 아크특성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 저전류 영역인 140A 영역에서는 두 flux type 모두 20V까지는 전형적인 단락이행이 나타났다. Titania계는 Semi-metal계보다 아킹시간이 길고, 단락이행주파수는 감소하였다. 그리고 Titania계는 저전류 저전압에서 globular이행이 나타났고, 이로 인하여 Semi-metal계에 비하여 안정된 용접조건이 넓게 분포하고 있음을 알았다.
- 2) 시험재 모두 중전류 영역인 220A, 250A 영역에서는 용접전압을 증가하면 용적이행 형태가 단락이행으로부터 globular이행으로 변화하는 천이영역이 존재함을 알 수 있고, 천이영역에서 많이 관찰되는 순간단락현상이 Semi-metal계가 Titania계에 비하여 많이 발생하고 있음을 알았다.
- 3) 대전류 영역인 320A 영역에서는 전형적인 globular이행 영역에서 Titania계의 아크안정성이 Semi-metal계에 비하여 양호한 경향을 보였다.

[참고문헌]

- [1] 溶接技術編集部: 統計にみる日本の溶接産業, 溶接技術, 44-11(1996), pp.127~135  
 [2] 안영호, 방국수, 이종봉, 장래웅: GMAW 용적이행에 미치는 Ca의 영향, 대한용접학회지 Vol.12, No.4, pp.424(1994)

Table 1 Chemical compositions of weld metal (wt.%)

Type	C	Si	Mn	P	S
Titania	0.04	0.61	1.27	0.015	0.010
Semi-Metal	0.05	0.75	1.56	0.014	0.011

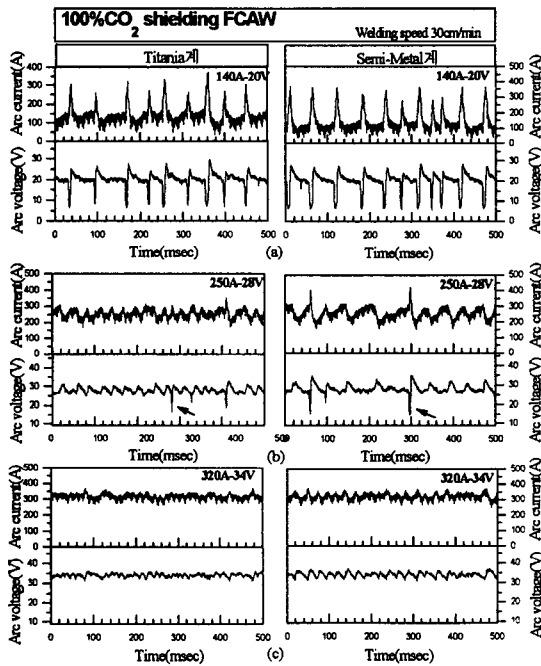


Fig.1 Typical arc current and voltage variations of three different transfer modes: (a) short circuit, (b)transitional and (c) globular mode

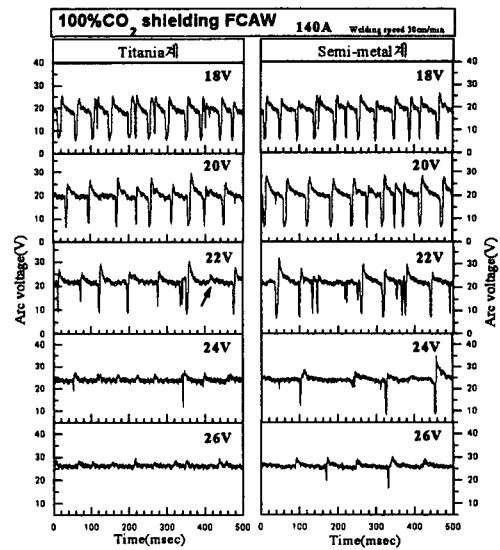


Fig. 2 Change of arc voltage in low current welding conditions(140A)

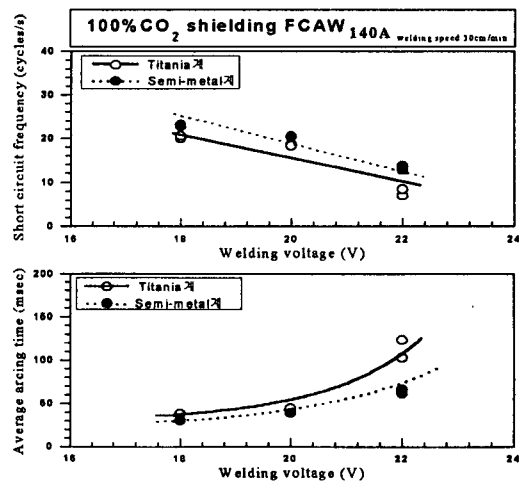
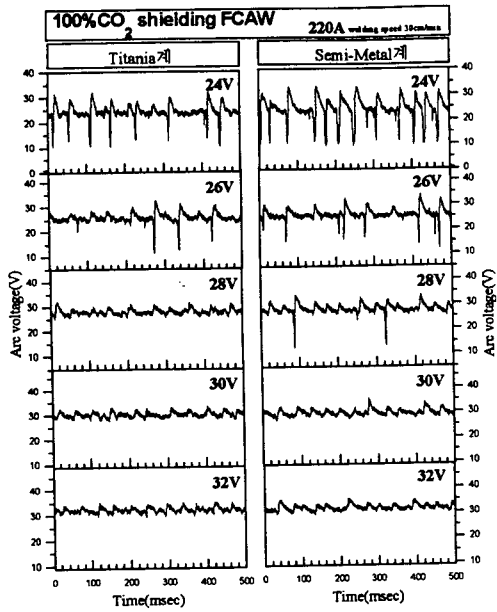
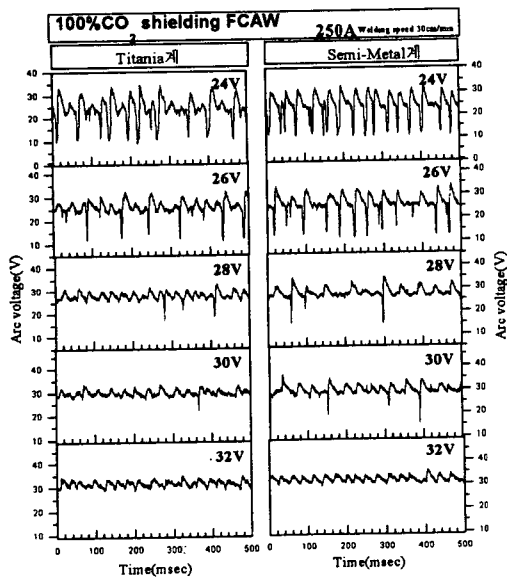


Fig. 3 Average arcing time and short circuit frequency in 140A



(a)



(b)

Fig. 4 Change of arc voltage in medium current welding conditions(220A, 250A)

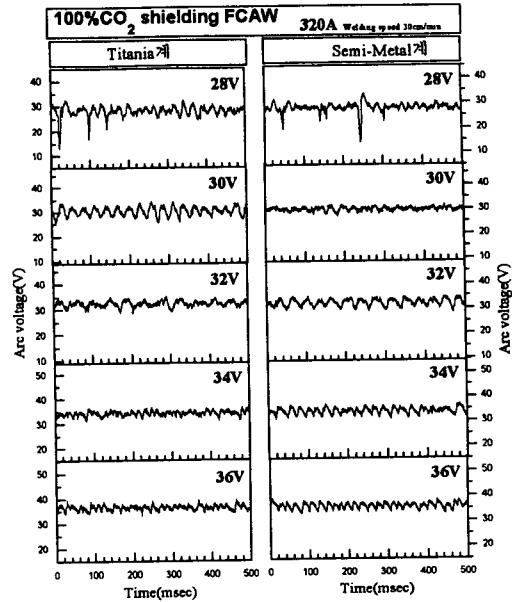


Fig. 5 Change of arc voltage in high current welding conditions(320A)

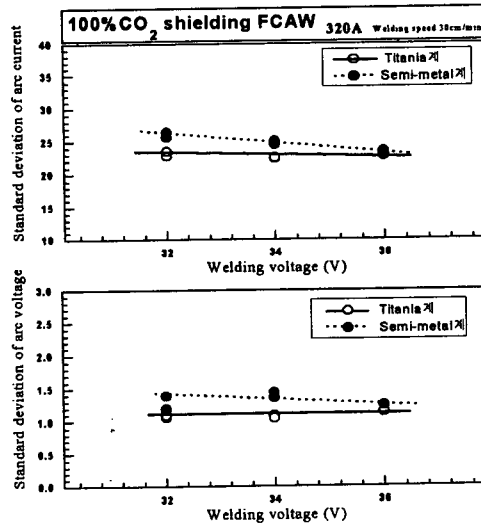


Fig. 6 Effect of welding voltage on standard deviation of arc voltage and arc current in 320A