

## 후판 편면 맞대기 용접을 위한 1 Pool-twin FCAW의 개발에 관한 연구

### A Study on the Development of 1 Pool-twin FCAW for One-side Butt Welding in Thick Plates

박 금기\*, 최 우현\*\*, 조 상명\*\*\*

\* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

\*\* (주)한진중공업 기술연구소

\*\*\* 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공

#### 1. 서 론

선박건조의 탑재공정에 있어서 용접장이 긴 후판 맞대기 용접에는 SAW가 대부분 적용되고 있지만 컨테이너 운반선의 UPPER DECK나 HATCH COAMING TOP PLATE 같은 경우 용접장이 짧고 작업공간이 협소하여 SAW가 적용되지 못하고 있다. 따라서 용접장이 짧고 작업공간이 협소한 부분에 적용시킬 고효율 용접기법이 요구된다. 그러므로 선박용 후판 아래보기 V-그루브 맞대기 이음에 대한 1 Pool-twin FCAW 용접법을 현장에 적용하기 위한 구체적인 용접 공법 개발을 본 연구의 목적으로 하였다.

각 전류 영역에서 전압 변화에 따른 현상을 관찰하고, 용접 비드와 용입 상태를 관찰하여 최적의 조건을 판단하였다.

#### 2. 1 Pool-twin FCAW 개요

조선산업 분야에서 CO<sub>2</sub> 가스를 보호가스로 하는 FCAW(Flux Cored Arc Welding)법이 많이 사용된다. 탄뎀용접과 트윈용접은 Fig. 1과 Fig. 2에서 정의하는 것과 같이 처음 필릿용접에서 사용되었다. 본 연구에서 사용된 1 Pool-twin FCAW 용접법은 Fig. 3과 같이 기존 탄뎀, 트윈용접과는 달리 맞대기 용접부에 적용시키는 용접법으로서 단일 용접전원으로 하나의 와이어 송급장치에 두 개의 와이어 스펀을 장착하여 두 개의 콘택트 팁으로 구성된 토치에 와이어를 송급시켜 하나의 용융지를 형성하며 용접하는 기법이다.

#### 3. 실험방법

실험에는 100% 사용율을 가진 600A 용량의 사이리스터 탄산가스 아크 용접기를 사용하였다. 실드 가스는 CO<sub>2</sub> 100% 가스를 사용하였으며 유량은 60~65 l/min으로 하였다. 전극와이어는  $\phi$ 1.4mm의 AWS A5.20 E71T-1에 상당하는 플럭스 코어드 와이어(FCW:Flux cored wire)를 사용하였다. Fig. 4에서와 같이 작업각 0°, 진행각 15°, 전극 배열을 용접선의 법선 방향으로 전극간 거리 13mm 상태에서 아래보기 자세로 하였다. 150mm x 300mm x 20mm 시편에 Bead on Plate 용접으로 토치 높이는 30mm로 약 20초 동안 용접하였다. 초당 3,000프레임을 촬영할 수 있는 고속카메라와 아크 모니터링(arc monitoring)시스템을 사용, 용접 시의 용융지 거동과 용적이행 형태, 전류와 전압의 변동을 파형으로 분석하였으며 아크 안정성 평가를 위해 전류의 변동계수와 저항변동계수를 측정하여 비교하였다. Table. 1은 전류영역별 용접조건을 나타내었다.

#### 4. 실험 결과 및 고찰

##### 4.1 비드외관과 출력 파형의 관계

Fig. 5 ~ 7은 550A 영역의 전압 변화에 따른 1 Pool-twin FCAW에 있어서 비드외관 사진을 나타내었으며, 29V에서 가장 양호한 비드외관을 얻었다. 저항 변동계수는 29~31V에서 가장 낮아서 아크 안정성이 가장 높았다.

##### 4.2 출력파형과 용적이행과의 관계

Fig. 8의 (a)~(f)는 550A, 29V의 1 Pool-twin FCAW에 있어서 아크이행 현상의 주요 양상을 나타내었다. 각 사진의 오른쪽에 위치한 아크 현상을 중심으로 설명하면 (a)는 용적이행 후 용적이

성장하기 시작하는 순간의 사진이고, (b)는 약 8msec 뒤 용적의 중간 성장 모양을 나타낸 사진이다. 또한 사진의 왼쪽에서는 플럭스 기둥을 관찰할 수 있다. (c)는 용적이 계속 성장하고 있는 사진이며 플럭스 기둥을 관찰할 수 있다. (d)는 용적이 행이 있기 직전의 사진인데 용적이 가장 크게 성장한 상태이다. (e)는 와이어 선단에서 용적이 용융지(molten pool)로 이행할 때의 사진이고 (f)는 용적이행 후 아크가 안정되어 다시 용적이 성장하기 시작하는 순간의 사진이다. 29V에서의 용적이행 주기는 약 14 ~ 30msec이었고, 전체적으로 일정하게 용적 이행을 하였다.

4.3 비드형상

Fig. 9는 550A 영역의 전압 변화에 따른 1 Pool-twin FCAW에 있어서 마크로 단면을 나타내었는데 전압이 증가할수록 비드폭(width)은 넓어지고, 용입(depth)은 깊어졌지만 비드높이는 약간 낮아졌다. 23V에서의 용입 형상은 "W"형 이었다.

5. 결 론

후판 편면 맞대기 용접을 위한 1 Pool-twin FCAW의 개발에 관한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 각 전류에서 가장 강건한 용접조건을 찾았다.
- 2) 각 전류에서 적정전압보다 낮은 전압과 높은 전압에서 아크꺼짐의 주요인은 심한 용융지의 유동과 와이어 송급 불안정이다.
- 3) 용접전류가 높아짐에 따라 양호한 용접품질이 얻어지는 전압범위가 넓어졌다.
- 4) 전류가 높아짐에 따라 용적이행 주기가 점차 줄어들고 용적의 크기가 작아졌으며 600A 이하에서는 대부분 반발이행을 하였다. 600A 이상에서는 점차 반발이행 비율이 줄어들고 드롭이행 비율이 늘어났다.

참고문헌

1. Sang-myung Cho : A Study on Quantitative Evaluation of Arc Stability in AC SMAW, Journal of KWS, Vol. 16, No. 4, August, 1998 (in Korean)
2. D. I. Kang, J. H. Choi, Y. S. Jang, Y. S. Kim : The Effect of Current Pulsing Parameters on the spatter Generation Rate during CO2 Shielded Gas Metal Arc Welding, Journal of KWS. Vol. 16, No. 4, August, 1998 (in Korean)
3. Welding · Joining Handbook, KWS, 549(in Korean)
4. D.Sc. Janez Tusek : Mathematical modeling of melting rate in twin-wire welding, Journal of Materials Processing Technology,

December, 1999

5. 馬場信 : フラックス入りワイヤの實踐, 日本溶接協會編, 産報出版, 1994, 13(in Japanese)

6. J.F.Lancaster : The Physics of Welding, The International Institute of Welding, 1986, 314

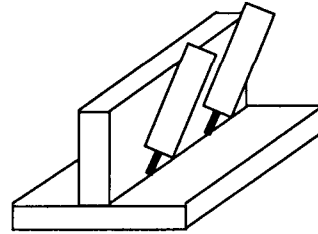


Fig. 1 Schematic of tandem welding in the fillet welding

Fig. 2 Schematic of twin welding at the fillet welding

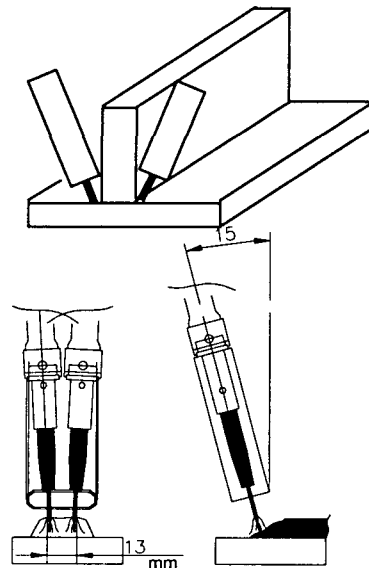


Fig. 3 Torch arrangement of 1 Pool-twin FCAW method

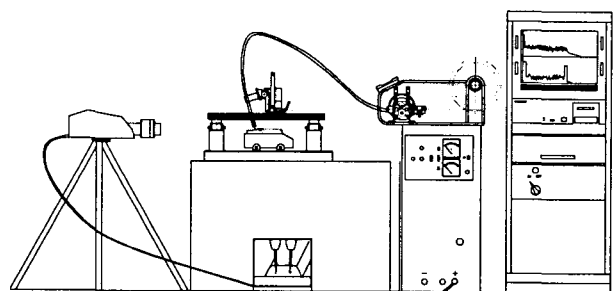


Fig. 4 Equipment for experiment

Table. 1 Welding condition

Welding current	Travel speed	CO <sub>2</sub> gas flow rate	Welding voltages
400A	25cm/min	60 l / min	23~35V
450A	25cm/min	60 l / min	23~ 35V
500A	30cm/min	60 l / min	23~ 35V

550A	30cm/min	60 l /min	23~ 35V
600A	30cm/min	65 l /min	23~ 37V
650A	32cm/min	65 l /min	23~ 37V

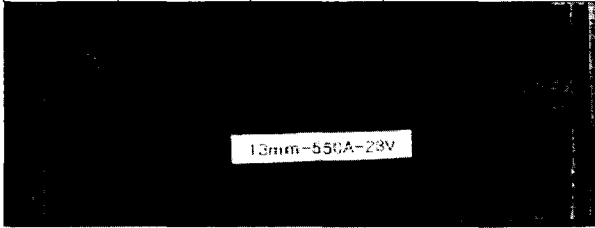


Fig. 5 Bead appearance  
(set current 550A, voltage 23V)

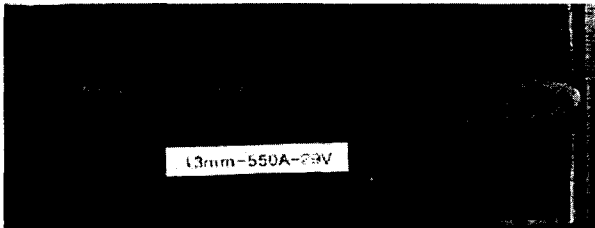


Fig. 6 Bead appearance  
(set current 550A, voltage 29V)

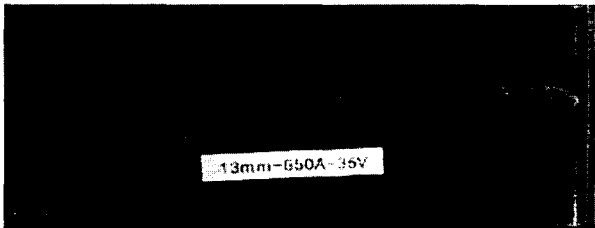
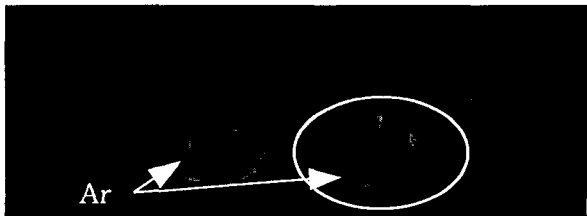
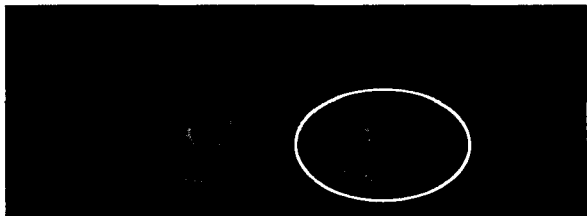


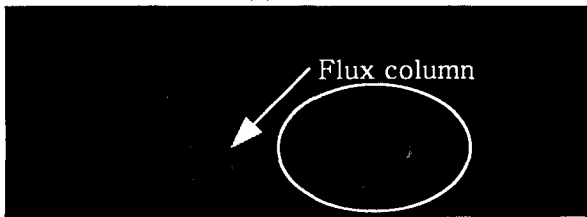
Fig. 7 Bead appearance  
(set current 550A, voltage 35V)



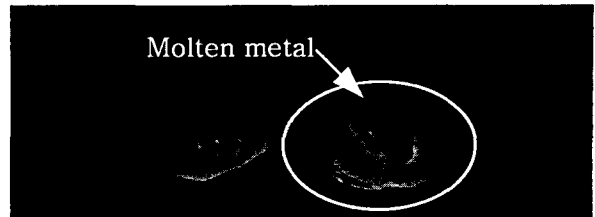
(a) 0msec



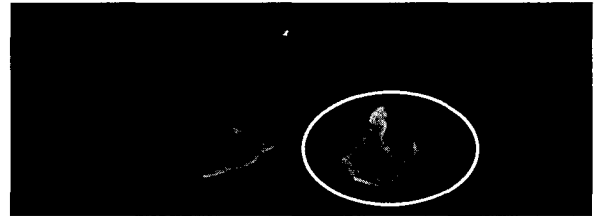
(b) 8msec



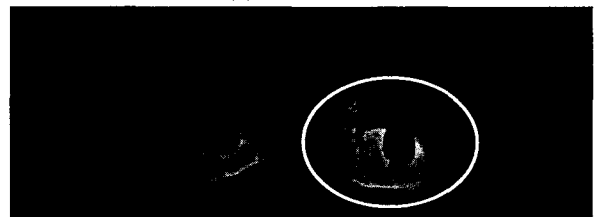
(c) 19msec



(d) 26.33msec



(e) 28.33msec



(f) 29.33msec

Fig. 8 Photographs of molten metal transfer by 550A, 29V

	1	2	3
23V			
29V			
35V			

Fig. 9 Photographs of macro section by set current 550A