

## 루트갭이 없는 맞대기 이음부의 편면GMAW 적용연구

The study of the application of one side GMAW process without root gap

석한길,장태원,이운수,윤형묵,신동진

삼성중공업 거제조선소

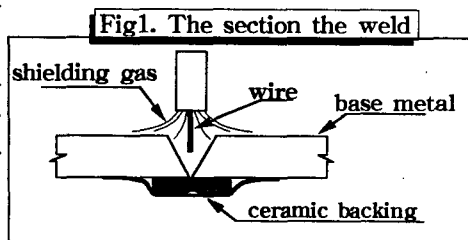
### 1. 서론

GMAW에서 ceramic backing material을 이용한 편면용접은 구조물 반전의 불필요성과 작업자에게 편한 용접자세를 제공하여 용접의 능률화에 기여해 왔으며 대형구조물이 사용되는 조선, 교량업계를 시초로해서 여러분야에서 넓게 실시되고 있다. 그러나 개선차도와 root gap의 정도에 따라 적정 용접조건의 범위가 좁기 때문에 균일하고 안정한 이면비드를 얻기 위해서는 작업자의 숙련된 기술을 필요로 하고 있다. 소위 자동용접의 경우에도 operator가 상시 용융풀과 아크상태를 감시하면서 최적의 이면비드를 형성하기 위해 용접전류, 전압, 속도를 조정할 필요가 있어 편면용접의 자동화를 도모하는 데 어려움이 많았다. 최근에는 센서를 이용하지 않고 전기신호로 용접의 단락횟수를 검출하여 이면비드 상태를 controll하는 방법<sup>1)</sup>이 있으나 wire송급속도 8~10m/min과 arc전압 26~28V, 용접속도 약 10cm/min(gap:9mm)의 용접조건에 따른 생산성저하와 system가격측면에서 크게 호응을 얻지 못하고 있다. 또한 편면용접공법의 적용을 위해 일정 root gap을 유지해야 하며, 이를 위해 취부 piece의 사용과 모재의 재절단등의 용접준비시간 손실을 가져오고 있는 실정이다. 이러한 단점을 보완하기 위해 no root gap GMAW로 이면비드를 형성시키는 노력이 실행되고 있다. 일례로 flux cored wire 1.6φ와 50%Ar-50%CO<sub>2</sub> 보호가스를 사용하여 no root gap상태에서 이면비드를 형성시키는 process가 개발되어 있다.<sup>2)</sup>

본 연구에서는 root gap이 없는 맞대기 joint에서 이면비드를 형성시키기 위한 여러 가지 조건선정의 test와 cut wire를 보조 용접재료로 사용하여 양호한 이면비드와 건전한 용접부를 성공시킨 no root gap CO<sub>2</sub>편면용접을 소개하고자 한다.

### 2. No root gap 편면 GMAW 용접조건 선정test.

장치의 구성은 일반GMAW와 동일하며 용접시 weaving이 가능한 carriage를 사용하였다. 그림1은 용접부 단면형상을 나타내었으며 보호가스, wire, groove angle의 3가지를 변수로 test하여 표1과 같은 결과를 얻을 수 있었다. Solid wire사용시 용락현상이 발생하므로 항상 steel powder와 같이 사용하였다.



#### 2-1. Shielding gas

먼저 shielding gas의 영향을 살펴보면 Ar gas가 함유된 경우, 용착부를 외부공기로부터 보호하지 못하는 결과가 나타났으며, no root gap 편면용접에서는 100% CO<sub>2</sub> shielding gas를 사용해야함을 알 수 있다.

#### 2-2. wire.

일반적으로 flux cored wire사용시 이중보호효과로 solid wire사용시보다 shielding효과가 좋지만 no root gap편면 1st layer용접에는 반대의 결과가 나왔다. shielding에 문제가 없고 이면비드형성이 잘되는 1.6φ solid wire가 가장 이상적이라고 할 수 있다.

Table 1. The test results of GMAW welding according to variables

구분	flux cored wire(1.6φ)				solid wire(1.6φ)				
	이면비드	B/H	spatter	아크	이면비드	B/H	spatter	아크	
50° groove angle									
50%CO <sub>2</sub> ,50%Ar	형성안됨	아주많음	극소	양호	형성안됨	아주많음	소	양호	
60%CO <sub>2</sub> ,40%Ar	형성안됨	아주많음	극소	양호	형성안됨	일부	소	보통	
CO <sub>2</sub> 100%	형성안됨	많음	소	보통	일부형성	없음	다	보통	
60° groove angle									
60%CO <sub>2</sub> ,40%Ar					형성됨	이면비드pit	소	보통	
CO <sub>2</sub> 100%	저속	불량	많음	극소	보통	형성됨 (이음부 용탁)	없음	다	보통
	고속	형성됨	없음	극소	불안정				
solid wire(1.6φ, 60° groove angle)									
구분		이면비드		B/H	spatter	아크안정성			
60%CO <sub>2</sub> ,40%Ar		형성됨		많음	소	양호			
CO <sub>2</sub>	steel powder	형성됨(비드낮고거침)		없음	다	보통			
100%	sealing bead	형성됨(비드높음)		없음	다	보통			

2-3. Groove angle.

제조자측면에서 groove angle은 적을수록 용접재료와 용접시간적 측면에서 훨씬 유리하지만 60° 개선각의 경우 shielding과 이면비드형성 측면에서 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

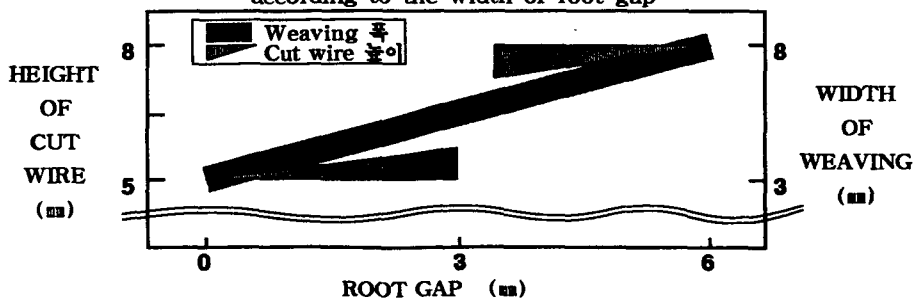
그러나 상기의 적정용접조건으로 1st layer를 용접한 결과 첫번째 다량의 spatter발생으로 wire송급과 보호가스공급에 악영향을 미치고 또 1m이상의 용접장 적용시 cramic backing제의 탈락을 고장하는 aluminum foil 접착력이 떨어지고 용융풀의 크기가 과다해져 용탁현상을 일으키기도 한다(사진5). 따라서 상기의 문제를 해결해야만 no root gap CO<sub>2</sub>편면용접이 완벽하게 이루어 질 수 있다.

3. Cut wire<sup>3)</sup>를 이용한 no gap CO<sub>2</sub> 편면용접

상기의 두가지 문제를 해결하기 위해 cut wire를 용접보조제인 steel powder대신 사용하였다. Cut wire는 wire길이가 직경의 0.5배에서 3배까지 되도록 잘게 절단한 것으로 용접부 개선면에 도포하여 1.6φ solid wire로써 용접 할 경우 spatter감소와 안정된 arc를 유지할 수 있어 양호한 이면비드도 형성시킬 수 있었다.

3-1. Root gap에 따른 cut wire와 weaving폭의 관계

Grapher 1. The relation between the heigh of cut wire and weaving according to the width of root gap



### 3-2. 이면비드형상에 미치는 backing재의 영향

일반 CO<sub>2</sub>편면용접용 ceramic backing재를 사용할 경우 접착력부족으로 용탁현상이 발생하거나 이면비드불량이 나타난다. 따라서 no root gap CO<sub>2</sub>편면용접시 상기의 단점을 보완한 전용 ceramic backing재를 사용해야 한다.

### 3-3. Extension wire feeder의 적용

Wire feeder에서 torch까지의 cable길이가 짧을 경우 적용할 수 있는 용접line길이에 제한이 생긴다. 긴 용접line에 적용하기 위해선 장비의 이동 또는 고정stage제작이 되어야만 한다. 따라서 상기의 문제를 해결하기 위해 extension wire feeder 20m를 사용하여 긴용접장에도 적용할 수 있도록 하였다.

### 3-4. 용접부 물성치 조사

모재는 선급용강재 AH36 17t를 사용하였고 1st layer는 cut wire를 개선면내부에 도포하여 GMAW용접을 하여 이면비드를 형성하였고 covered layer는 SAW, FCAW, GMAW의 3가지 경우를 적용하여 용접부의 건전성을 물리시험을 통해 분석하였다.

Table 2. Mechanical properties of the weld on each welding processes.

PROCESS	U.T.S. N/mm <sup>2</sup>	BENDING	IMPACT TEST(0°C, J)					
			C	F	F+1mm	F+2mm	F+3mm	F+5mm
GMAW+SAW	522	GOOD	149	86	69	76	69	74
GMAW+FCAW	513	GOOD	69	80	75	77	75	78
GMAW	513	GOOD	37	40	74	78	77	79

### 4. No gap CO<sub>2</sub> 편면용접에 적용가능한 carriage

고전류, 대입열을 적용하므로 반자동용접은 여러 가지 어려움이 있다. 따라서 자동으로 용접선을 따라갈 수 있는 carriage를 사용해야 하며 3가지 종류의 carriage가 있다.

Guide rail을 설치하여 carriage가 용접선을 따라가도록 하는 것과 선행torch와 후행torch가 하나의 carriage에 장착되어 17t의 모재까지 one run으로 용접가능하도록 만든 것 및 guide rail대신 carriage 전,후에 guide roller를 개선함에 삽입하여 용접선을 추적하도록 만든 이면비드 형성 전용 carriage이다. 3가지 종류의 각각의 장단점이 있으며 여건에 따라 알맞은 것을 선택 또는 개조하여 사용해야 한다.

### 5. 적용 효과

개선면내에 tack welding으로 취부하여 no root gap CO<sub>2</sub>편면용접을 할 경우 취부 piece를 부착 및 제거의 불필요와 하며 일정root gap형성목적의 재절단이 없으며 비드 이음부의 가우징공법으로 수정이 필요없게 된다. 기타효과로 자동carriage를 사용하므로 용접의 성역화를 이룰수 있고 조선의 경우 block조립공법을 쉬운쪽으로 변경할 수 있다.

### 6. 참고문헌

- 1) The arc sensing system for GMA one-side welding.  
... KOBELCO Technology review No.2 AUG. 1987
- 2) Development of one-side butt welding process with high current.  
... 용접학회 전국대회 강연요지 제57집(95-10)
- 3) 일본 특허출원 공개번호 4-310372