

# 선체 반자동 FCAW 적용 시, 대입열 (비드폭 확대) 용접 적용

## Application of high heat input (wider bead width) for hull structural welding with semi-automatic FCAW

남 성길, 장 태원, 윤 동렬, 한 정석  
삼성중공업 생산기술연구소 용접연구

**ABSTRACT** The use of hull structural steel with heavy thickness has been enlarging due to the increase of ship volume. High heat input welding methods like EGW, FGB and SAW tandem are applied in field of ship-building. However the application of high heat input methods is clearly limited because welding method to be most widely used is semi-automatic FCAW but heat input for FCAW is limited in order to obtain impact property at low temperature. This paper will introduce the application of 30mm bead width of FCW with Ni free & low Ni content.

### 1. 서 론

국내造船産業에서 적용되고 있는 용접법 중 가장 비중이 높은 용접법은 반자동 FCAW 이다. 반자동 FCAW는 타 용접법 (EGW, FGB, SAW tandem 공법)에 비하여 대입열 적용 시에는 저온 충격성능 확보가 곤란하기 때문에 대부분의 시공사에서는 입열량 통제 방법으로 20mm 또는 25mm로 비드폭을 제한하여 적용하고 있다.

최근 선박의 대형화에 따라 선박용 강재의 후판 사용량이 급진적으로 증가하고 있다. 또한 조선업의 특성상 맞대기 용접부의 자동화에는 한계가 있기 때문에 반자동 FCAW를 적용해야 하는 용접부가 감소되기는 힘들다. 적용 강재가 후판화될 수록 용접단면적 증가에 기인하여 용접생산성에 영향을 미치는데, 특히 반자동 FCAW 적용부에 끼치는 영향이 크다.

본 연구에서는 Ni free FCW 및 Ni 저감 FCW의 30mm 비드폭 적용에 대해 고찰하고자 한다.

### 2. 용접재료

시판되고 있는 조선용 2Y급 용접재료에 적용되는 Hoop와 동일한 연강용 외피를 적용하고, 상대적 대입열에서도 저온 충격성능을 확보할 수 있도록 설계된 2 종류의 플럭스를 개발, 적용하였다.

### 2.1 외피

FCW 제조 시 국내에서 일반적으로 적용되는 외피가 적용되었으며 그 화학성분치는 아래 <표 1>과 같다.

<표 1> 개발품에 적용된 외피의 화학 성분치 일례(wt %)

C	Si	Mn	P	S	N	Sol. Al
0.0171	0.003	0.210	0.012	0.010	0.0022	0.017

### 2.2 용착금속 화학성분치

AWS A5.20에 따라 시험된 용착금속의 화학성분치는 아래 <표 2>와 같다.

<표 2> 개발품 용착금속의 화학성분치 일례(wt%)

제품	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Ni
A	0.05	0.39	1.41	0.013	0.014	0.017	0.045	-
B	0.07	0.55	1.48	0.013	0.007	-	-	0.38

### 3. 용착금속 충격성능

개발된 2 종류의 FCW와 시판 조선용 2Y 및 3Y급 FCW의 용접부 충격 성능을 비교 평가하기 위해 용접시험을 실시하였고, 선급 승인을 위한 WPQT를 실시하였다.

### 3.1 용접조건

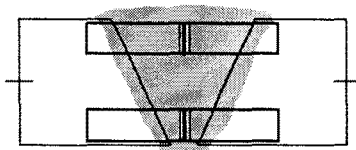
조선용 E(TM), EH36(N), EH40(TM) grade 강재가 시험에 사용되었으며, 개선형상은 Single Bevel 및 Single Vee Groove가 적용되었다. 백킹재는 조선업에서 통상 적용되는 세라믹 백킹재가 적용되었다. 용접조건은 당사 현업에서 적용 전류, 전압 조건을 적용하였고, 비드폭은 25mm 이하 및 30mm로 각각 적용하였다. 그 상세 조건은 아래 <표 3>과 같다.

<표 3> 용접조건

용접자세/ 비드폭	전류(A)	전압(V)	입열량(kJ/cm)
1G/25mm	230~410	24.0~38.5	17~49
1G/30mm			17~65
3G/25mm	225~315	24.5~31.0	20~40
3G/30mm			20~50

### 3.2 용착금속 충격 성능

용접 후 아래 <그림 1>과 같이 용착금속 표면부 및 루트부에서 충격시험편을 채취하여 0°C, -20°C, -40°C에서 ASTM E 23에 따라 용착금속의 충격시험을 실시하였다. A, B 제품 모두 -20°C에서 선급 rule requirement를 만족시키는 결과를 얻을 수 있었다.



충격시험편은 모재 표면으로부터 각각 2mm 제거 후 채취함  
<그림 1> 충격시험편 위치

아래보기 자세로 수행한 용착금속의 충격 성능 일례는 아래 <그림 2> 와 같다.

### 4. 용착금속 미세 조직

개발된 제품 A 및 B와 시판되고 있는 조선용 2Y 및 3Y급 FCW의 용착금속 미세 조직을 상호 비교 평가하였다. 개발된 제품 A, B의 용착금속 미세조직 관찰 결과, 기존품 대비 Acicular ferrite 분율이 높고 Grain boundary ferrite size 역시 미세함을 확인할 수 있었다. 이는 제품 A의 경우 플럭스 내에 기존 제품의 플럭스 배합에

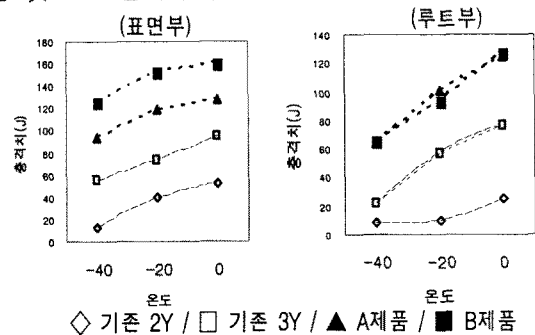
서는 사용하지 않았던 성분이 추가되어 용착금속 미세조직이 개선된 것으로 판단되며, 제품 B의 경우에는 용착금속 중 산소량 및 Ti-B 비율 조정 그리고 소량의 Ni 추가로 용착금속 미세조직이 개선된 것으로 판단된다. 미세조직 비교 일례는 <그림 3>과 같다.

## 5. 결 론

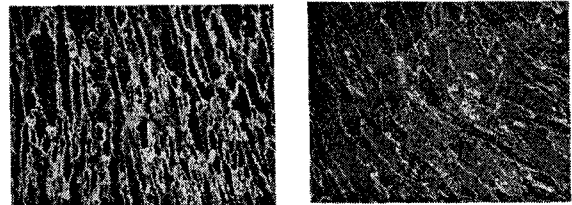
2 종류의 개발품에 대한 비드폭 확대 적용 가능성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었으며, 이는 WPQT를 통해 검증되었다.

1) 개발된 2 종류의 개발품은 아래보기 자세 및 수직상향 자세에서 조선용 EH grade 강재에 대해서도 30mm 비드폭 적용이 가능하다.

2) 기존 조선용 2Y 및 3Y grade 용접재료의 입열량은 충격성능의 확보가 곤란하여 제한되었으나, 개발된 A, B 제품은 높은 입열량 조건에서도 선급 rule requirement를 만족시킨다. 이는 대입열 조건에서의 용착금속의 미세조직 개선 때문인 것으로 판단된다.

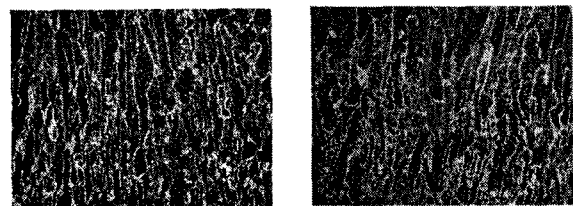


<그림 2> 용착금속의 충격 성능비교 일례



(기존 2Y grade)

(기존 3Y grade)



(A 제품)

(B 제품)

<그림 3> 용착금속의 미세조직 비교 일례