

Ni free 선급 규정 4Y grade 플럭스코이드 와이어 개발, 적용

Development & Application of Ni free 4Y grade FCW specified by class society

남 성길, 장 태원, 윤 동렬, 한 정석, 선 혜선

삼성중공업 생산기술연구소 용접연구

ABSTRACT The welding consumables which are able to be applied in shipbuilding is decided in accordance with base materials. The class societies regulate that 3Y grade welding consumables have to be used for E(H) grade steel. Welding consumables with about 1.5% Ni contents in the deposited metal have been using to weld E(H) grade steel in domestic shipbuilding companies. It was inevitable to obtain impact property of weldment at low temperature. However, when the welding consumables are used in production, there are two kinds of problems - bad workability & cost-up of welding consumables. Therefore development of Ni free welding consumables for E(H) grade steel are required & this paper will introduce the development of Ni free 4Y grade FCW.

1. 서 론

국내造船産業에서 적용되고 있는 용접법 중 가장 비중이 높은 용접법은 FCAW 이다. 또한造船産業에서 적용될 수 있는 용접재료는 사용되어지는 모재에 따라 결정되도록 선급 rule에서 규정하고 있다. 국내 조선업체에서는 A(H), D(H) grade 鋼材에는 2Y grade 용접재료를, E(H) grade 鋼材에는 3Y(6Y) grade 용접재료를 적용하고 있다. 국내 조선업체에서 사용하고 있는 3Y(6Y) grade 용접재료는 대부분 약 1.5%의 Ni를 함유하고 있는데, 이는 저온 충격 성능 확보를 위한 불가피한 선택으로 판단된다 (이는 2005년도 춘계 학술발표대회 논문에서도 보고된 바 있다). 하지만 이로 인해 용접작업성이 나빠지고 용접재료 원가가 상승하는 문제가 발생된다. 또한 용접재료의 오용에 기인한 문제도 종종 발생되고 있다. 따라서 용착금속의 Ni 함량을 최소화시키거나 Ni이 전혀 첨가되지 않은 선급 규정의 3Y grade에 해당하는 FCW 개발이 필요하게 되었다.

본 연구에서는 Ni free로 선급 규정의 4Y grade FCW의 개발을 성공적으로 수행하였고, 당사에서 적용하고 있는 대입열 용접조건에서도 용접부의 저온 충격 인성이 확보되는 FCW를 개발하였다.

2. 용접재료

시판되고 있는 AWS A5.20 E71T-1 용접재료에 적용되는 Hoop와 동일한 연강용 외피를 사용하였으며, 기존 제품에는 사용되지 않는 A 성분 금속분을 추가한 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 플럭스

개발품의 와이어 전체 중량 당 플럭스 각 성분 조성은 아래 <표 2>와 같다.

<표 2> 와이어 전체 중량 당 플럭스 각 성분의 조성 일례(wt%)

TiO ₂	MnO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	ZrO ₂	K ₂ O	A	기타
6.02	2.52	2.02	1.12	0.84	0.24	0.22	0.18	0.15	0.25	Bal

2.3 용착금속 화학성분치

AWS A5.20에 따라 시험된 용착금속의 화학성분치는 아래 <표 3>과 같다.

<표 3> 개발품 용착금속의 화학성분치 일례(wt%)

C	Mn	Si	P	S	Al	Ti	Ni
0.05	1.41	0.39	0.013	0.014	0.017	0.045	-

3. 용착금속 충격 성능

개발된 FCW와 시판 E71T-1의 용접부 충격 성능을 비교평가하기 위해 용접시험을 실시하였다.

3.1 용접 조건

조선용 EH36 강재가 시험에 사용되었으며, 개선형상은 Single Vee Groove(1G, 3G) 및 Single Bevel Groove(2G)로 하였다. 백킹재는 편면용접법에 통상 적용되는 세라믹 타입의 백킹재를 적용하였다. 또한 시험에 적용된 용접조건은 당사 현업에 적용되고 있는 조건을 적용하였으며, 그 상세는 아래 <표 4>와 같다.

<표 4> 용접조건

용접자세	전류(A)	전압(V)	입열량(kJ/cm)
1G	230~410	27~38.5	16~65
2G	230~340	25~32	7~23
3G	225~315	24.5~30.5	21~50

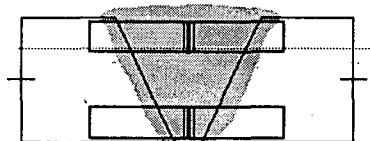
* 1G와 3G 자세의 경우, 25mm와 광폭 비드를 각각 적용함.

3.2 비파괴시험 결과

AWS D1.1의 시험 방법에 준해 UT 및 MT를 실시하였으며, 시험 결과는 ISO5817, Quality Level B에 따라 판정되었다. 시험되어진 10개의 용접시편 모두 결함이 전혀 없는 양호한 결과를 나타내었다.

3.3 용착금속 충격시험 결과

용착금속의 온도에 따른 충격성능 거동을 파악하기 위해 아래 <그림 1>과 같이 표면부 및 루트부에서 충격시험편을 채취하여 0℃ ~ -60℃ 범위에서 ASTM E 23에 따라 충격시험을 실시하였다. 개발품의 충격성능은 -40℃ 저온까지 선급 rule requirement를 만족시킬 뿐 아니라, 특히 표면부의 경우에는 -60℃ 저온까지 선급 rule requirement를 만족시키는 결과를 얻을 수 있었다. 또한 루트부의 충격성능은 시판 E71T-1 제품 대비 크게 향상되었다.



충격시험편은 모재 표면으로부터 각각 2mm 제거 후 채취함

<그림 1> 충격시험편 위치

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

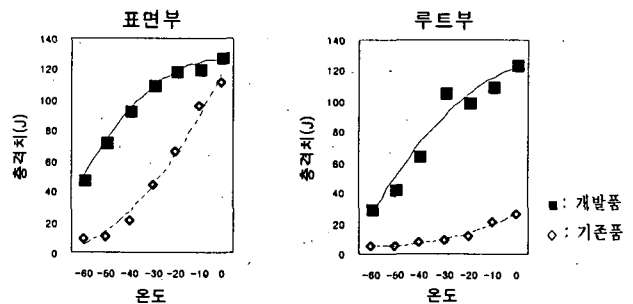
4. 용착금속 미세조직

개발된 FCW와 시판 E71T-1 및 E81T1-K2의 용착금속 미세 조직을 상호 비교 평가하였다. 개발품의 용착금속이 Acicular ferrite 분율이 훨씬 높을 뿐 아니라, Grain boundary ferrite size 역시 훨씬 미세함을 확인할 수 있었다. 이는 플럭스에 추가된 A 성분의 금속분이 용착금속의 미세 조직에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 이로 인해 충격인성이 향상된 것으로 판단할 수 있다. 미세조직 비교 일례는 <그림 3>과 같다.

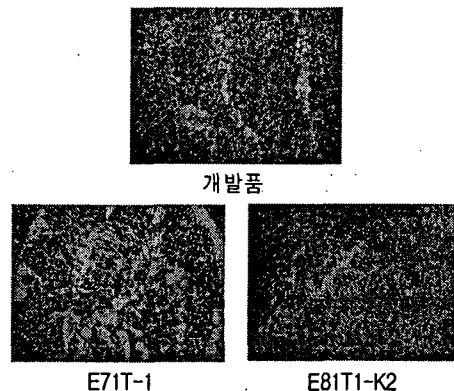
5. 결 론

A 성분 금속분이 플럭스에 첨가된 Ni free FCW 개발을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 용착금속 내에 Ni 성분이 전혀 첨가되지 않은 선급 규정의 4Y grade 용접재료를 개발하였다.
- 2) 용적이행 과정에서 A 성분이 용착금속 내로 들어가 핵생성 site로 작용하고 이로 인해 결정립이 미세화된 것으로 판단된다. 이로 인해 Ni이 약 1.5% 함유된 기존 E81T1-K2의 용착금속보다 미세한 결정립이 얻어질 수 있다.
- 3) 조선 산업에서 후판 맞대기 용접 시 적용되어지는 대입열 용접 조건(70kJ/cm)에서도 -40℃ 충격인성이 확보되는 Ni free FCW가 개발되었다.



<그림 2> 용착금속의 충격 성능비교 일례



<그림 3> 용착금속의 미세조직 비교 일례