

이면 수냉이 용접부 물성에 미치는 영향 Effect of Water-Cooling of Opposite Side Caused by the Welding of Hull Internal on Weld Properties

서 창교*, 구 연백, 최 승면

* 현대중공업 산업기술연구소

ABSTRACT

Welding sometimes should be done inside-hull after launching. The opposite side is contacted sea-water. In this case, it should be a concern that the cooling rate expected very rapid may deteriorate microstructures, and hence these microstructures are hardened, cracking happens, or toughness would be impaired. Therefore, a test program simulating the situation has been planned and welded using the ship class materials (AH32, EH36) with the related welding consumables (E71T1-1, E81T1-K2) and then carried out to investigate the effect of cooling rate on weldments quality. Based on the test results, it could be concluded that the welds of which the opposite side of arc is exposed to wet or flowing water are not affected by rapid cooling.

1. 서 론

선박건조 공정에서 진수 후에 선체 내부에서 용접을 수행할 경우가 발생되며 이 때 선체 외부는 해수에 접촉되어 있다. 이로 인해 용접부는 매우 빠른 냉각속도가 예상되어 용접금속 및 열영향부의 미세조직 형성에 악영향을 미칠 수가 있으며, 그 결과 균열발생, 경화된 미세조직 또는 충격인성의 손상이 우려된다. 따라서, 앞서 언급한 상황을 재현하는 시편준비 및 이면용접을 실시하였으며, 용접부 물성 즉, 경도 및 충격값에 미치는 영향을 조사하고자 본 실험을 실시하였다.

2. 실험 방법

2.1 모재 및 용접재료

시험 강재는 선박에 사용되고 있는 선급자재 AH32와 EH36강이고, 용접성과 기계적 성질에 영향을 주는 탄소당량은 각각 0.44(Controlled rolling)와 0.34(TMCP) 이었다. 기계적 성질은

표 1에 나타내었다. 용접재료는 AWS Class가 E71T-1과 E81T1-K2이 사용되었다.

표 1. Mechanical Properties of Base Metal

강재 (두께)	인장강도 (kg/mm ²)	항복강도 (kg/mm ²)	충격값 (J, Av)	탄소 당량
AH32 (22.5mm)	55.8	38.6	128 @ 0℃	0.44
EH36 (28mm)	50.5	43.2	366 @ -40℃	0.34

표 2. Mechanical Properties of Base Metal

용접 재료	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
E71 T-1	0.04	0.49	1.50	0.016	0.014	-	-	-
E81 T1- K2	0.04	0.34	1.15	0.010	0.011	1.37	0.02	0.01

(*) 확산성 수소 : E71T-1 9cc/100g,

E81T1-K2 4cc/100g, 화학성분 : Wt.%

2.2 용 접

2.2.1 용접 조건

시험편은 양면(Double Vee) 개선을 하고, 용접 자세는 경도값에 영향을 주는 최소 입열인 2G와 충격값에 영향을 주는 최대 입열인 3G를 채택하였다. 먼저 한쪽면(전면)을 용접하였으며, 현장성을 재현하기 위해 용접금속의 두께를 6~7mm 남겨두고 가우징(Gouging)을 실시하였다.

전면의 용접부가 물에 노출됨을 재현하기 위해 물통을 제작한 후, 시험편을 물통에 부착하고 전면이 바닷물이 접촉되는 분위기에서 이면용접을 하였다. 사용된 용접조건은 표 2에서 보여 주고 있다.

표 2. Welding Conditions

시험편	용접조건(*)			예열 (°C)	층간 (°C)	
	전류 (A)	전압 (V)	속도 (CPM)			
AH 32	전면	200	22	24.9	27	106
	이면	-260	-27	-55.5	8	15
EH 36	전면	220	25	23.9	21	160
	이면	-260	-27	-51.7	7	20

(*) 보호가스: CO₂, 가스유량: 25L/min.,
돌출길이: 20~25mm

2.2.2 실험 내용

용접이 완료된 후, 비파괴 검사를 하고 시험편을 기계가공을 한 후 기계적 성질시험과 아울러 미세조직도 관찰하였다.

3. 실험 결과

3.1 비파괴 검사

용접부의 건전성 평가를 위해 비파괴 검사(방사선 투과, 초음파 및 자분탐상 시험)를 실시한 결과, 우려한 저온균열은 발견되지 않았으며, 선급 규정을 만족하는 결과를 얻었다.

3.2 기계적 성질

용접부의 기계적 성질 즉, 인장, 굽힘, 충격 및 경도시험을 선급 규정에 따라 실시하였으며, 시험결과 모두 규정값을 만족하였다. 특히, 이면용접시 전면의 해수에 의한 퀴칭효과로 인한 용접

부의 높은 경도 및 충격인성 저하를 우려하였으나 전면 용접부와 비교시 경도값 및 충격값도 뚜렷한 차이가 없었으며, 아주 양호한 결과를 보여 주었다. 시험된 기계적 성질을 표 3에 보여 주었다.

표 3. Mechanical Properties of Weld Metal

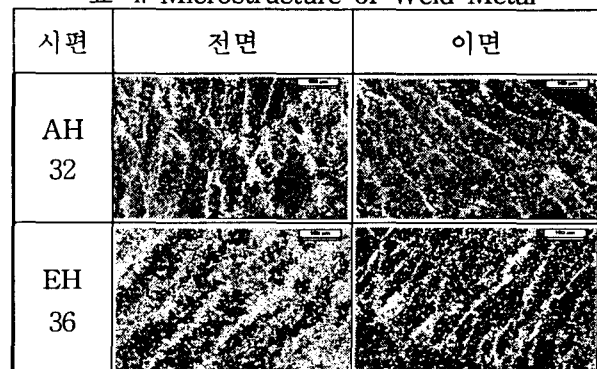
시험편		충격값 (J, Av) (*)			경도(Hv10kg)		
		WM	FL	FL+2	WM	HAZ	BM
AH 32	전면	96	192	275	227-238	196-291	141-146
	이면	90	134	241	207-237	189-229	149-150
EH 36	전면	140	221	428	240-250	193-224	161-164
	이면	135	414	441	243-246	187-218	157-159

(*) 충격시험 온도 : 20°C(AH32), -20°C(EH36)

3.3 미세조직 관찰

이면 용접부와 전면 용접부의 용접부 및 열영향부에 대한 조건별로 금속 미세조직 관찰을 실시한 결과, 별다른 차이없이 전형적인 용접금속의 미세조직을 보여 주었으며, 표 4에 나타내었다. 용접부는 표 3에서 보여준 최고 경도값으로 알 수 있듯이 베이나이트(bainite)나 마르텐사이트(martensite) 상(phase)과 같은 경화(hardened)된 미세조직(microstructure)을 가지지 않고, 일반적인 탄소강 용접부에서 전형적으로 나타나는 GBF(grain boundary ferrite), FSP(ferrite side plate) 및 AF(acicular ferrite)를 보여주고 있었다.

표 4. Microstructure of Weld Metal



4. 결 론

이상과 같은 실험을 통해, 얻어진 결과는 아래와 같다.

- (1) 전면이 해수에 접촉되어 있는 경우에, 반대면의 용접성은 양호하였다.
- (2) 용접부의 건전성은 NDE(UT, RT 및 MPI)로 확인한 결과 선급 요구사항을 만족하였다.
- (3) 기계적 성질도 선급 요구사항을 만족하였으며, 특히 관심이 된 용접부의 최고 경도값 및 충격값도 요구사항을 만족하였다.
- (4) 미세조직은 전면과 이면 용접부가 별다른 차이없이 전형적인 용접금속의 미세조직을 보여 주었다.

따라서, 진수후 전면이 해수에 접촉되어 있는 경우에 이면에서 용접할 경우, 용접부는 아크 반대면의 빠른 냉각속도에 의한 수냉의 영향을 받지 않았다고 결론을 내릴 수 있었다.

5. 참고 문헌

1. (사)일본용접협회조선부회 용접시공위원회편, 용접품질관리매뉴얼, 산보(産報)
2. 공업진흥청, 조선용접시공기술기준