

## 주철의 냉간 아크용접시 용접부의 부식에 관한 전기화학적 평가

### An Electrochemical Evaluation on the Corrosion of Weld Zone in Cold Arc Welding Process of the Cast Iron

김 진경\*, 문 경만\*\*

\* 한국해양수산연수원 기관시스템교육팀

\*\* 한국해양대학교 공과대학 기계소재공학부

**ABSTRACT** : Variation of hardness and corrosion potential of welding zone was investigated when cold arc welding of cast iron was carried out with a parameter of Ni electrode. Hardness of HAZ was the highest compared to other welding zone. And corrosion potential of HAZ was also more negative value than other welding zone. However there was not a proportional relation between hardness and corrosion potential. Local corrosion of HAZ was clearly appeared than other welding zone by small anode and large cathode in seal water solution.

#### 1. 서 론

주철의 냉간 아크 용접은, 조선소 등에서 선박을 제작하거나 압력 용기, 구조물 제작과 같은 경우가 아니므로 강판 두께와 용접하려는 부분의 조건에 적합한 용접 흡의 각도, 루트(root) 간격, 용접방법 등이 일정한 공식대로 적용할 수 없는 보수 용접이기 때문에 용접자의 용접기술에 좌우되는 경우가 많다고 생각된다. 따라서 용접 시에 해결해야 하는 주요한 쟁점 중 하나는 용접부위의 경화 조직 형성과 균열 발생의 원인이 되는 경도 상승을 방지 및 예방하는 것이라고 사료된다.

前報에서는 경도 차이가 가장 적은 용접봉과 용접 시공 조건을 구명하기 위해서 용접봉의 종류, 용접전류와 예열의 조건에 대해서 고찰한바 있다. 본 연구에서는 용접 후 각 부위 별로 나타나는 경도차이에 의한 갈바닉 전지의 형성에 의한 저온 부식의 영향에 대해서 전기화학적인 측면에서 검토하여 보았다.

#### 2. 장 제목

##### 2.1 사용 재료

주철의 보수용접 시공법에는 미리 높은 온도로

예열하여 이 온도를 유지하며 시공하는 열간 용접과 예열을 그다지 하지 않고 용접 입열량을 최소로 줄이도록 하는 냉간 용접이 있다. 이 냉간 아크용접에서 어떤 용접봉이 용접성이 우수하고 용접 결함 발생이 적은 것인가를 판단하기 위해, 대표적으로 선정하여 사용한 각 용접봉의 화학적 성분과 기계적 성질은 Table 1과 같다.

**Table 1** Chemical composition and mechanical properties of cast iron used

Chemical composition(%)									Mechanical properties		
C	Si	Mn	P	S	B	Cu	V	인장강도 (N/mm <sup>2</sup> )	연신율 (%)	경도 (HBS)	
3.2	1.1	0.8	0.4	0.1	0.04	1.5	0.22	245	0.3	180~230	
※ SR : 550°C×4H											

##### 2.2 실험 방법

각 부위별 경도 및 부식전위의 변화를 측정하였다. 부식전위의 측정시에 사용한 전해질 용액은 해수 용액과 10%황산 용액 이었다. 한편 갈바닉 부식을 확인하기 위해서 시험편을 해수 용액과 10% 황산 용액에 침지하여 표면 상태를 관찰하였다.

Table 2 Relationship between Hardness(HV) and Corrosion potential( $E_{cor}$ ) in weld zone of cast iron

	WM (Welded Metal)		HAZ (Heat Affected Zone)		BM (Base Metal)		Remark
	HV	$E_{cor}$	HV	$E_{cor}$	HV	$E_{cor}$	
1H	212	-281	712	-453	215	-430	Seawater
		-505		-690		-610	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
2H	228	-292	832	-441	218	-430	Seawater
		-464		-685		-610	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
3H	217	-280	715	-442	214	-430	Seawater
		-543		-681		-610	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
4H	232	-263	722	-454	215	-430	Seawater
		-454		-673		-610	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
5H	204	-252	694	-430	214	-430	Seawater
		-490		-613		-610	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
6H	252	-245	789	-435	219	-430	Seawater
		-528		-618		-610	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 냉간 아크 용접한 주철 용접 부위 별 경도

냉간 아크용접부의 경도는 일반적으로 예열온도, 용접전류, 시공법에 따라 달라지며, 경계부인 열영부가 특히 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다. Fig. 1은 주철 모재에 Ni 및 NiFe 계통 용접봉을 사용하여 85A의 전류로 3층 용접한 부위에 대해 측정된 경도 결과를 나타내고 있다. 전체적으로 열 영향부의 경도가 모재부와 용접 금속부에 비해서 높았으며 모재부와 용접 금속부는 비교적 비슷한 값의 경도를 나타내었다. 그리고 NiFe 계통의 용접봉이 Ni 계통보다 전체적으로 높게 나타났으며, 또한 용접부위 별 경도 차이가 제일 적고 전체적으로 경도가 제일 낮은 것은 5번의 Ni 계통 용접봉이었다.

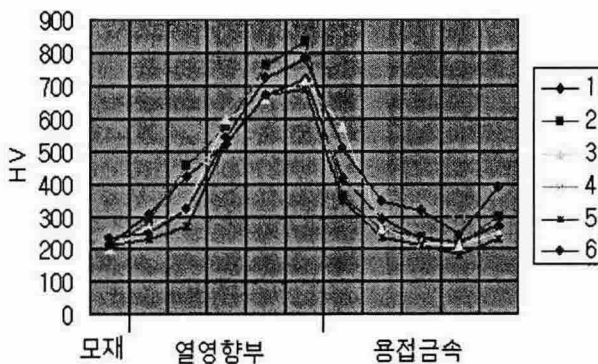


Fig. 1 Hardness of the weld zone of various Ni electrode

#### 3.2 용접부의 부식 전위 측정

Table 2은 각 용접봉으로 용접한 부위의 경도와 해수 및 10%황산 용액에서 측정된 부식전위의 변화를 정리한 결과이다.

열 영향부의 부식전위가 가장 낮았으며 용접금속의 부식전위가 가장 높았음을 알 수 있다. 그리고 10%황산용액에서 측정된 부식 전위가 해수에서 측정된 부식 전위보다 비 전위를 나타내었다. 해수 용액에서는 음극 반응이 용존산소의 환원반응( $O_2+2H_2O+4e \rightarrow 4OH^-$ )뿐이지만 10%황산 용액에서는 용존 산소의 환원반응 ( $O_2+4H^++4e \rightarrow 2H_2O$ )뿐만 아니라 수소 발생 반응 ( $2H^++2e \rightarrow H_2$ )이 함께 음극반응으로 작용하기 때문에 부식속도가 해수용액에 비해서 높으므로 표면 피막의 급격한 파괴와 용해에 기인하여 부식전위가 비한 값을 나타내는 것으로 사료된다.

### 4. 결 론

지금까지 용접봉의 종류에 따라 냉간 아크 용접한 결과 각 부위별 경도와 부식전위 측정 및 부식 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 열영향부의 경도가 가장 높고 용접금속부와 모재부의 경도가 비교적 낮았다.
- 2) 부식전위 측정결과 열 영향부의 부식전위가 가장 낮고 용접금속부의 부식전위가 가장 높았다.
- 3) 경도와 부식전위 사이에는 확실적인 상관성

은 보이지 않았다.

- 4) 열 영향부가 갈바닉 부식에 의해서 국부적으로 부식되는 경향을 알 수 있었으며 5번(Ni)과 6번(NiFe) 용접봉을 사용한 경우 열 영향부의 국부부식이 가장 적었음을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. 日本溶學會(1977). "鑄鐵 および 鑄鋼", 溶接便覽, 丸善(株), pp864-866.
2. AWS Committee on Welding Iron Castings(1989). "Guide for Welding Iron Castings" AWS