

용접 재료 별 해수 배관 용접부위의 부식 특성에 관한 전기화학적 평가

김진경^{1)*} · 원창욱^{*} · 문경만^{**}

*한국해양수산연수원 교육연구처

**한국해양대학교 공과대학 기계소재 공학부

An Electrochemical Evaluation of the Corrosion Property on the Welded Zone of Sea Water Pipe by each Welding Materials

JIN-GYEONG KIM^{*}, CHANG-UK WON^{*}, KYUNG-MAN MOON^{**}

^{*}Education and Research Division, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan, Korea

^{**}Department of Materials Engineering, Korea Maritime Univ. Busan, Korea

KEY WORDS : Corrosion, Welding materials, Shielded metal arc welding, Inert gas arc welding, Electrochemical method.

ABSTRACT: The sea water pipe of engine room in all kinds of ships is being surrounded with severe corrosive environment. Therefore it's leakage part due to corrosion is inevitably prevented by various welding method. In this case corrosion property of welded zone may be considerably different by each welding materials. In this study corrosion resistance of the welded zone of sea water pipe with some welding materials such as shielded metal arc welding materials, inert gas arc welding materials was investigated with electrochemical method.

1. 서 론

우리나라 조선소에서 만드는 선박이나 국적선의 대부분은 기관실 해수 배관 재료를 강관으로 제작하고 있는 실정이다. 해수 배관 계통은 강관으로 용접을 하여 만든 후 아연 도금을 한 상태로 사용하고 있다. 해수 배관의 용접 방법은 근래 신조선의 경우는 주로 탄소가스 아크 용접이나 불활성가스 텅스텐 아크 용접을 이용하고, 선령이 오래 된 노후선의 경우는 보수 용접으로 피복 아크 용접을 선박 안에서 실시하고 있다. 그런데 해수 배관의 파이프 내부는 염분이 포함되어 있어 부식성이 강한 해수와 항상 접촉하고 있으므로 해수의 부식 작용으로 상대적으로 취약한 용접부위에 부식이 많이 발생하여 파공에 이르게 되어 선박의 안전 운항에 지장을 초래하기도 한다.

본 연구는 현재 해수 배관의 파이프에 대한 조선소 및 선박의 보수 용접에 사용하는 모든 용접 방법 및 용접 재료를 사용하여 용접을 한 후 각 용접부위에 대한 천연 해수에서 부식성을 전기화학적으로 평가하여 내식성이 우수한 해수 배관 강관용 용접 방법 및 용접재료를 파악하고자 한다. 이러한 결과를 해수 배관 제작에 적용하면 사용 수명의 연장과 보수 정비 비용도 절감할 수 있을 것으로 사료되며, 또한 경쟁력이 있는 조선사업과 선박 회사 운영에 도움이 되리라 생각된다.

2. 사용 재료 및 실험 방법

2.1 사용 재료

실험에 사용한 해수 배관용 강관은 주로 많이 사용하는 KS SPPS 38(JIS STPG 38)로서, 사용한 재질의 치수는 ϕ 165.2×7.1-150L이며 Fig. 1과 같이 가공하여 맞대기 용접을 한 후 용접 부위만 비드를 중심으로 20B×7.1T×10L로 제작하였다.

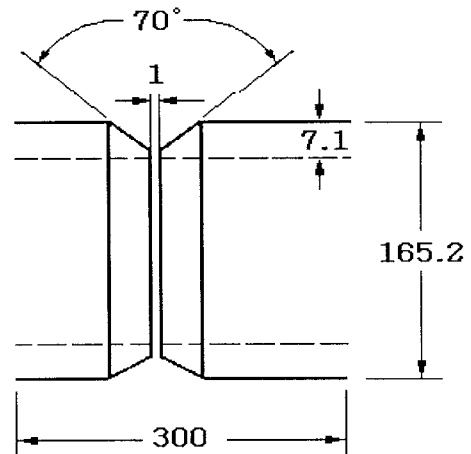


Fig. 1 Schematic diagram of Welding groove of pipe

사용한 용접 방법 및 용접 재료는 탄소가스 아크 용접의 경우 AWS E71T-1 ϕ 1.2, 불활성가스 텅스텐 아크의 용접 재료는

1) 교신저자 김진경: 부산시 남구 용당동 123
051-620-5768 mejgkim@hanmail.net

AWS ER70S-G ϕ 2.0이고, 피복 아크 용접 재료는 KS E4301, E4311, E4313 및 E4301의 ϕ 3.2로 모두 6 종류를 사용하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 용접 방법

해수 배관 재료인 ϕ 165.2×7.1-150L의 KS SPPS 38(JIS STPG 38)의 경우 상기한 모든 용접을 하기 전에 처음에는 전부 예열을 전혀 하지 않는 상태로 하였고, 2층 이상은 층간 온도를 150℃로 유지하면서 용접을 하였다.

ϕ 1.2의 와이어를 사용한 탄산가스 아크 용접의 조건은 Table 1과 같이 2층 용접을 직류 역극성으로 하였고, ϕ 2.0의 용가재로 불활성가스 텅스텐(TIG) 아크 용접의 조건은 Table 2와 같이 2% 토티 텅스텐 붕 ϕ 2.4로 3층 용접을 직류 정극성으로 하였다.

ϕ 3.2인 피복 아크 용접봉의 경우, 1층과 2층 이상 용접은 E4301과 E4311은 90A와 110A, E4311은 85A와 105A, E4316은 95A와 115A 전후의 전류를 사용하였다.

각각의 용접 방법 및 용접 재료에 따르는 기호를 Table 1, 2 및 3과 같이 정하였다.

Table 1 CO₂ welding condition

Pass No.	Current (A)	Voltage (V)	Travel speed (cm/min)	gas flow (l/min)
1	200	22	34~35	14~15
2	195	24	35~36	15~17

Table 2 TIG welding condition

Pass No.	Current (A)	Voltage (V)	gas flow (l/min)
1	163	11	9~10
2	183	12	13~15
3	183	12	13~15

Table 3 Welding Properties for welding method and materials

Welding method and materials	CO ₂ Arc welding	TIG welding	Shielded metal arc welding			
			E4301	E4311	E4313	E4316
Kinds	C	T	0	1	3	6

2.2.2 용접부위의 경도 및 전기화학적 실험

각각의 용접부위에 대한 경도와 부식에 대한 전기화학적 실험을 하기 위하여, Fig 2와 같이 시험편을 용접 방향과 직각 방향으로 기계 절단, 가공 및 샌드페이퍼로 2000번까지 연마하여 용접 비드를 중심으로 20B×7.1T×10L로 제작하였다.



Fig. 2 Schematic specimen of weld zone of sea water pipe

각각의 시험편을 에칭(etching)하여 용접 금속에서 모재 방향으로 경도를 측정하였고, 부식전위와 부식 속도를 측정하기 위하여 용접열영향부의 면적을 0.25cm²로 노출시키고 다른 부분은 에폭시로 절연한 후 각종 전기화학적 실험을 실시하였다. 그리고 각각의 용접 금속에 대해서도 위와 같은 면적과 조건으로 용접열영향부에 실시한 각종 전기화학적 실험을 실시하였다.

전기화학적 실험은 해수의 유동(속도 : 3cm/s) 상태에서 부식 전위 변화, 양극 및 음극 분극곡선, 사이클릭 볼타모그램, 교류임피던스 등을 측정하여 수행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 3은 용접금속부위의 부식전위 변화를 나타내고 있다. 불활성가스 텅스텐 아크 용접의 경우 부식전위가 가장 높게 나타났으며 탄산가스 아크 용접의 경우 가장 낮은 부식전위 값을 보여주고 있음을 알 수 있다.

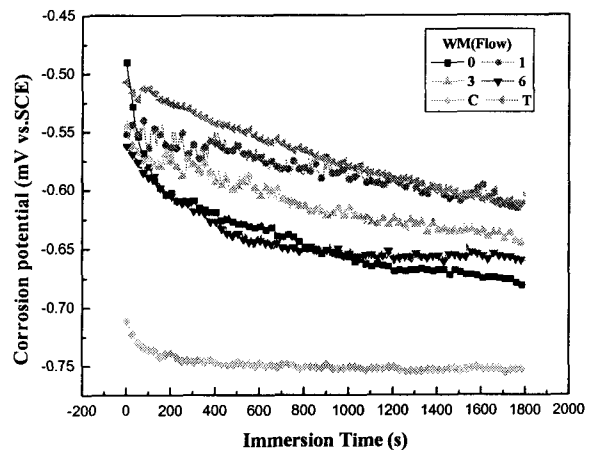


Fig. 3 Variation of corrosion potential with immersion time(s)

그리고 양극 및 음극분극 곡선을 Fig. 4에 나타내고 있다. 분극 곡선 상에서도 불활성 아크 용접이 비교적 내식성이 우수한 경향을 보이고 있으며 탄산가스 아크 용접 및 피복 아크 용접(E4316, E4313)이 상대적으로 부식성이 큰 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

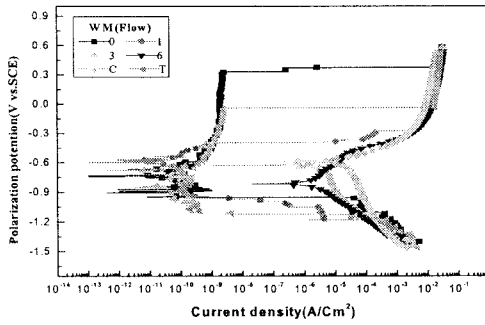


Fig.4 Variation of cathodic and anodic polarization curves in sea water solution

Fig. 5는 사이클릭 볼타모그램 선도 변화(1st 사이클)를 나타내고 있다. Fig. 5에서 알 수 있듯이 불활성가스 텅스텐 아크 용접의 경우가 가장 왼쪽으로 기우는, 다시 말해서 분극저항이 큰 값을 나타내고 있으며 탄산가스 아크 용접과 피복 아크 용접(E4301)이 분극저항이 비교적 적은 값을 나타내고 있다. 그리고 15번째 및 30번째 사이클에서도 상기와 같은 경향을 나타내었다.

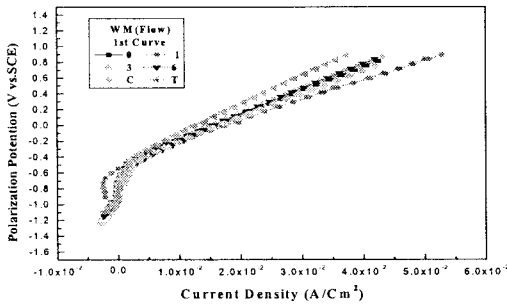


Fig.5 Variation of cyclic voltammogram in sea water solution

Fig. 6은 열영향부의 양극 및 음극 분극곡선을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 피복 아크 용접(E4313)의 경우가 비교적 내식성이 우수한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

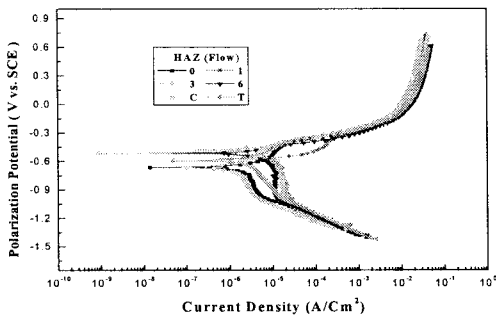


Fig. 6 Variation of cathodic and anodic polarization curves in sea water solution

그리고 Fig. 7에서는 사이클릭 볼타모그램의 선도 변화를 나타내고 있다. 피복 아크 용접(E4313)의 경우가 분극저항이 가장 큰 값을 나타내고 있으며 이와 같은 경향은 15번째 및 30번째 사이클에서도 같은 경향을 나타내었다.

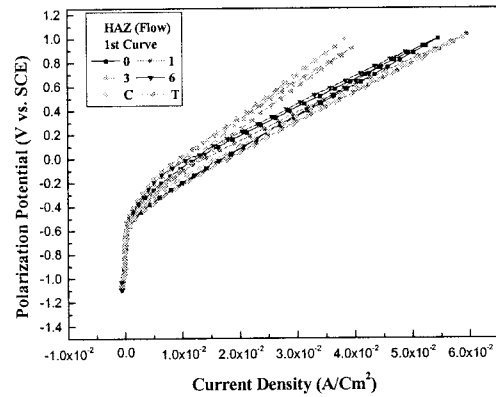


Fig. 7 Variation of cyclic voltammogram in sea water solution

한편 Fig. 8에서는 AC 임피던스 값의 변화를 나타내고 있으며 임피던스 값의 경우에도 피복 아크 용접(E4313)의 경우 가장 임피던스 값이 큰 경향을 나타내었다. 따라서 용접금속부에서는 불활성가스 텅스텐 아크 용접의 경우가 가장 내식성이 우수 하였으며 열영향부의 경우에는 피복 아크 용접(E4313)의 경우가 내식성이 비교적 다른 용접에 비해서 양호하다는 사실을 알 수 있었다.

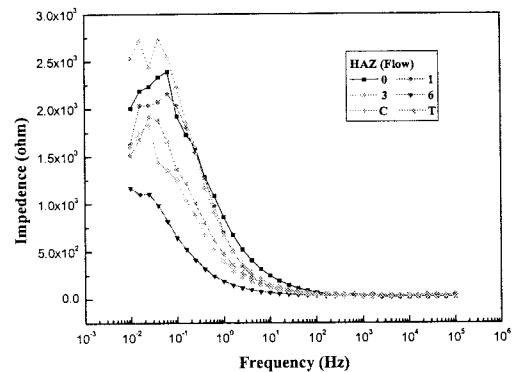


Fig. 8 Variation of AC impedance in sea water solution

4. 결론

지금까지 6종류의 용접 방법으로 해수 배관용 강관을 맞대기 용접하여 용접부위의 용접금속과 열영향부에 대한 내식성을 전기 화학적인 방법으로 고찰한 결과 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

- 1) 부식전위가 귀한 값을 나타낼수록 내식성이 상대적으로 우수한 경향을 나타내었음을 알 수 있었다.
- 2) 양극 및 음극 분극곡선 상에서의 내식성 평가결과는 사이클릭볼타모그램 및 임피던스의 측정결과와 거의 같은 경향을 나타내었다.
- 3) 용접금속부에서는 불활성가스 텅스텐 아크 용접이 그리고 열영향부에서는 피복 아크 용접(E4313)이 비교적 양호한 내식성을 나타내었음을 알 수 있었다.

Morgan, J. H. (1987). "Cathodic Protection", 2nd edition NACE, pp. 257-360.

Hartt W. H., Lemieux, E. (1999). "A Principle Determination in Cathodic Protection Design of Offshore Structures", Corrosion 99, Paper No.627.

Wagner, J., (1992). "Cathodic Protection Design I", NACE International, pp. 3-28.

Baackmman, W. V., Schwenk W., and Prinz, W. (1997). "Handbook of Cathodic Corrosion Protection", Gulf Publishing, pp. 367-389

참고문헌

전대회, (1985). 부식과 방식의 관리, 一中社, pp. 393-409.