

탈황 설비용 질소 첨가 6%Mo 오스테나이트
스테인레스 강 용접부의 내식성
Corrosion Resistance of N-added 6%Mo Austenitic
Stainless Steel Welds for Desulfurization System

임채선, 백광기, 김순태*, 박용수*
현대중공업(주) 산업기술 연구소, (*) 연세대학교 금속공학과

1. 서 론

유황 산화물의 배출에 대한 규제가 강화됨에 따라 신규로 건설될 화력 발전소에는 탈황 설비의 설치가 요구되고 있는 바, 이러한 탈황 설비에는 가혹한 부식 분위기를 고려하여 고합금의 내식성 스테인레스 강을 그 소재로 사용하도록 규정되어 있다. 내식성 스테인레스 강의 용접부가 설비가 사용되는 부식 환경에 노출될 경우에는 용접부 및 용접 열영향부의 내식성은 균질한 미세 조직을 가진 모재에 비해 상당한 격차를 나타내는 것으로 지적되어 왔다¹⁾. 특히, 염화물 함유 부식 환경 하에서는 용접부의 선택적 부식 사례가 다수 보고된 바 있고, 이를 근거로 하여 용접부에는 모재보다 더 많은 합금 원소를 용가재에 첨가하는 방안이 적용되고 있는 실정이다²⁻³⁾.

본 연구에서는 이상의 관점에서 가혹한 부식 환경으로 알려진 탈황 설비에의 그 적용 가능성이 검토되고 있는 질소 함유 6%Mo 오스테나이트 스테인레스 강의 용접성을 평가하기 위해 각 용접 재료별로의 용접부의 내식성을 평가하였다.

2. 실험

본 연구에 사용된 모재 및 용접 재료 3종의 화학 성분을 Table 1에 나타내었다. 사용된 용접 재료는 모두 상용(商用) 용접재인 Ni계 합금으로서, 각각의 pitting 부식 저항성 지수(PREN)가 모두 모재 보다 5~20 정도로 높다. 용접은 6mm^t 열간 압연 판재에 각각의 용접 재료로 3 pass 편면 GTA 용접을 실시하였다. 용접부의 미세 조직을 관찰하기 위해서 각 시편을 연마한 후 전해 에칭 하였다.

각 용접부의 pitting 부식에 대한 내식성을 평가하기 위해서, 탈황 표준 부식 시험액 으로는 "Green Death" 용액으로 알려진 (7vol.%H₂SO₄+3vol.%HCl+1wt.%FeCl₃+1wt.% CuCl₂) 용액을 사용하였다⁴⁾. 임계 공식 온도를 평가하기 위해서, 탈황 표준 용액에서 24 시간 주기로 5℃ 간격으로 침지 시험을 했을 경우 10mg 이상의 무게 감량을 나타내는 최고 온도를 CPT로 나타내었다.

각 용접부의 공식 전위(E_p) 및 부동태 전류 밀도(I_p)를 측정하기 위하여 양극

Table 1. Chemical compositions of 6%Mo SUS base metal and filler metals(wt.%)

		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe	Nb	W	N	PRE*
Base Metal		0.02	0.45	0.74	0.002	0.002	21.7	20.88	6.02	Bal.	-	-	0.23	48.5
Filler Metal	A	0.03	0.10	0.07	0.007	0.001	22.0	Bal.	9.08	3.86	3.38	-	-	52.0
	B	0.01	0.05	0.21	0.004	0.001	20.5	Bal.	14.25	2.39	-	3.06	-	67.5
	C	0.02	0.04	0.12	0.004	0.001	18.5	Bal.	16.5	3.6	-	4.05	-	72.9

*) PRE (Pitting Resistance Equivalent) = %Cr + 3.3×%Mo + 30×%N

분극 시험을 실시하였으며, 분극 시험은 50℃의 표준 탈황 용액에서 Potentiostat를 이용하였으며, 주사(走査) 속도는 60 mV/min로 유지하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 용접부 미세 조직

각 용착부는 전형적인 γ 상의 dendrite 용고 조직에 미세한 Mo-Carbide가 석출된 조직을 나타내고 있으며, 열영향부와의 계면에는 Unmixed Zone이 일정한 폭으로 존재하는 조직을 나타내고 있다. 이들 미세 조직상으로는 각 용접부에 사용된 용가재의 조성이 다름에도 불구하고 별다른 차이점은 나타나지 않았다.

3.2 용접부의 Pitting 부식 저항성

각 용접부의 평균 CPT 및 Pitting 시험 결과를 살펴보면, Table 2에서 알 수 있듯이, 모재의 경우에는 CPT 값이 65~70℃였으며, 용접부 시편의 경우에 있어서는 용접재 (A)의 경우에는 CPT가 약 50℃로서 모재보다 낮았다. 용접재 (B)와 (C)를 적용한 용접부의 CPT 값은 60와 70℃로 각각 나타나, 이들 용접 재료를 이용하여 용접할 경우에는 용접부가 모재와 유사한 pitting 부식 저항성을 갖게 됨을 알 수 있다. Pitting은 주로 용착부의 초층 부위에서 집중적으로 발생하고 있는 바, 이는 해당 부위가 다른 부위에 비해 상대적으로 모재와의 희석률이 높음으로 인해 그 부위의 내식성 원소 함량이 상대적으로 적은, 즉, PREN 값이 낮아지기 때문으로 판단된다.

이러한 Pitting 부식이 발생한 부위를 관찰해 보면 pitting은 주로 용접부의 용고 dendrite의 중앙 부위에서 나타나고 있어 dendrite 미세 조직을 따라 내식성 합금 원소의 편석이 일어났음을 알 수 있다. 특히, pitting 부식 저항성에 중요한 역할을 하는 Mo 성분이 dendrite 계면을 따라 집중적으로 미세 편석하기 때문으로 추정된다.

이와 같은 용접부의 pitting 부식 저항성의 변화 경향을 각 용접 재료의 PREN 값과 비교하여 볼 때, 탈황 설비 환경 하에서 용접부가 모재와 유사한 pitting 부식 저항성을 보유하기 위해서는 PREN 값을 기준으로 할 때, 기존의 해수 분위기 하의

Table 2. Pitting corrosion resistance properties of weldments

		Critical Pitting Temperature	Passive Current Density (ip) ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)			
Base Metal		65~70°C	10-30			
Filler Metal	A	50°C	WM	20-30	HAZ	40-100
	B	65~70°C	WM	55-85	HAZ	20-100
	C	60~65°C	WM	30-120	HAZ	22-120

사용 재료에 권장되었던 (모재 + 5 PREN) 보다 훨씬 높은 (모재 + 15 PREN) 이상 되도록 용접 재료를 선정해야 할 것이다.

각 용접부의 양극 분극 시험 결과를 살펴보면 부동태 전류 밀도(ip) 값은 Table 2에 요약한 바와 같이 모재의 10~30 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 에 비해 다소 높은 20~100 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 정도를 나타내고 있으며, 공식 전위(Ep) 값은 평균 +900mV 정도를 나타내고 있다. 이는 각 용접 재료를 이용한 용접부가 모재에 비해 어느 정도 내식성이 부족하다는 경향은 보여주고 있으나, CPT 평가와는 달리 각 소재별로의 정량적인 pitting 부식 저항성 평가가 이 방법으로는 부적절함을 알 수 있다.

4. 결론

1. 탈황 설비 환경 하에서 용접부가 모재와 유사한 pitting 부식 저항성을 보유하기 위해서는 기존에 권장되었던 (모재 + 5 PREN) 보다 훨씬 높은 (모재 + 15 PREN) 이상 되도록 용접 재료를 선정해야 한다.
2. 탈황 환경 하에서의 pitting 부식 저항성에 대한 재료 선택 기준으로서는 CPT 평가가 양극 분극 시험보다 우수한 결과를 보였다.

5. 참고 문헌

1. A.J. Sedriks : Int. Met. Rev., 27, (1982) 321
2. A. Garner : Mat. Performance, 21, (1982) 9
3. T. Ogawa and T. Koseki : J. JWS, 9, (1991) 154
4. R. Bandy and D. Van Rooyen : Corrosion, 39, (1983) 227