

STS 304 배관재 용접부의 부식거동에 관한 연구

Study on the Corrosion Behaviour of Weld Zone for STS 304 Pipe

임우조* · 정기철** · 김환식*** · 윤병두****

*부경대학교, **동명대학, ***부산도시개발공사, ****부경대학교 대학원

1. 서 론

각종 배관은 건축물에 있어서 인체의 혈관에 해당하는 것으로 건축물을 건설하고자 할 때 가장 중요한 설계요소중의 하나이다. 이러한 배관설비의 작동중 용수, 중독성 액체 및 가스 배관이 부식으로 인해 누설됨으로써 용수나 가스공급의 부족 및 중단현상이 일어난다. 이러한 현상으로 배관을 수리 및 교환하기 위해 각종 설비의 작동을 정지해야 하므로 막대한 경제적 손실을 유발하게 되고 더욱이 인명피해도 초래할 수 있다.

1994년 4월 이전에 건축된 건축물의 음용수용 배관재로 많이 사용되었던 수도용 아연도강관의 부식으로 인하여 각 건축물별로 녹물 및 배관 보수문제로 많은 어려움을 겪고 있는 문제점이 발생하여 1994년 4월 이후 건설부고시에 의해 동관이나 스테인리스 강관 등 내식성 배관재 사용을 의무화하였지만, 오스테나이트계 스테인리스 강관의 용접부위는 용접열사이클 때문에 조직과 국부적인 조성변화 및 잔류응력으로 인하여 기계적 성질과 내식성이 크게 저하된다.

따라서 본 연구에서는 건축물의 급수, 급탕관에 주로 사용되고 있는 오스테나이트계 스테인리스강인 STS 304 강관에 대하여 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN 용액 중에서 용접부위 부식 특성을 연구하기 위하여, 분극 특성시험을 실시하고 이때의 부식 거동을 관찰·조사하였다.

이러한 실험결과를 토대로 하여 STS 304 강관의 모재와 용접부위에 대한 분극거동, 부식 전위 및 부식 전류밀도에 미치는 전기화학적 부식특성을 고찰하고, 스테인리스강관 용접부위의 부동태 거동을 규명함으로써 각종 건축물 배관설비 공사의 설계와 노후배관 보수 및 배관 수명연장의 기초자료로 활용하는데 기여하고자 한다.

2. 시험편 및 실험방법

2-1 시험편

본 실험에 사용된 시험재료는 STS 304 강관으로서 화학적 성분과 기계적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of used material(STS 304)

material	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
Base metal	0.055	0.55	1.1	0.025	0.005	8.25	18.3
Electrode	0.06	0.72	1.1	0.02	0.006	9.9	19.7
material	Tensile strength (kg/mm ²)		Yield strength (kg/mm ²)		Elongation (%)		
Base metal	65		28		55		
Electrode	67		-		47		

Table 1과 같은 화학적 성분과 기계적 특성을 가진 두께 2.0mm인 STS 304 강관을 모재로 하여 아크용접을 실시하였다.

전기화학적 분극시험에 이용한 시험편은 Table 1과 같은 화학적 성분과 기계적 특성을 가진 STS 304 강관으로부터 절취하여 제작하였으며, 시험편의 형상과 크기는 Fig. 1과 같다.

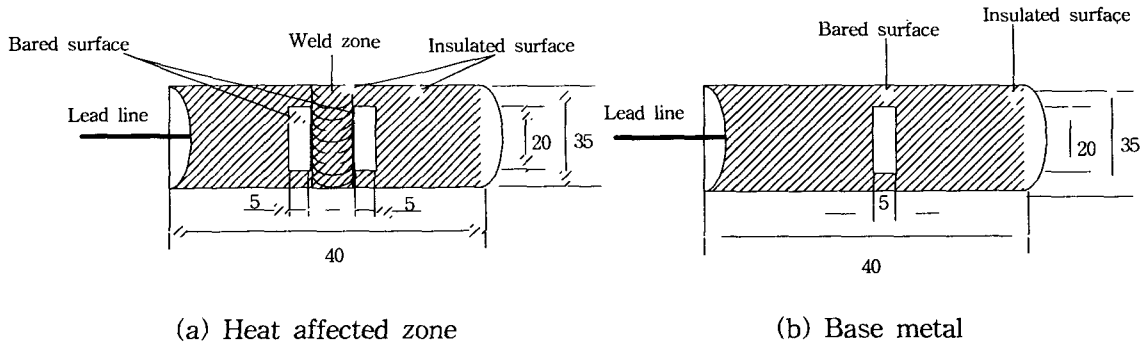


Fig. 1 Dimension of electrochemical polarization test specimen (unit:mm)

2.2 실험방법

본 실험에 사용된 전기화학적 부식특성시험은 다른 부식 평가법보다 실험시간이 짧게 되고, 비파괴적으로 실시할 수 있기 때문에 부식 평가법으로 많이 이용되고 있는 polarization 시험을 실시하였다. 이 분극실험장치의 전체계통도는 Fig. 2와 같다.

이 분극실험장치는 EG & G사의 273 Potentiostat/Galvanostat 와 PC를 이용하였으며 M352 corrosion software를 사용, 분극 특성 시험을 실시하였다. 여기서 기준전극은 포화카로멜 전극, 보조전극은 고밀도 탄소봉으로 하였다.

전기화학적 polarization 시험은 Fig. 1의 시험편 표면을 사포 400~1200번까지 연마하여 Ultrasonic Cleaner로 증류수에 세척한 후 아세톤으로 탈지하여 Fig. 2의 분극시험장치의 회로도와 같이 배선하였다. 시험편을 부식환경에 침지한 후, 각각의 자연전위에서 3분간 안정시키고 난 후 분극시험을 실시하였다.

분극시험조건은 Table 2와 같고 시간경과에 따른 부식전위와 부식전류밀도 거동에 대해 실험하였다.

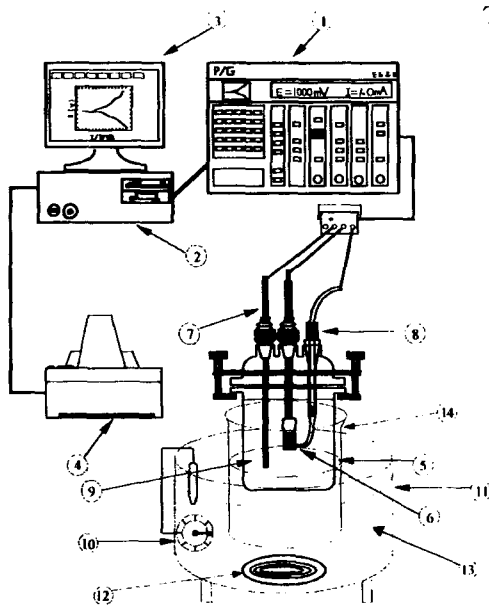


Table 2 Experimental conditions of the polarization test

Instrument	EG & G model 273A
Electrolyte	0.5M H ₂ SO ₄ + 0.01M KSCN
Material	Base metal and heat affected zone of STS 304 pipe
Specimen Preparation	grade 1200 emery paper
Surface area	1.0 cm ²
Temperature	Room temp.

- ① Potentiostat/Galvanostat
- ② Personal computer
- ③ Monitor
- ④ Printer
- ⑤ Corrosion cell
- ⑥ Specimen
- ⑦ Counter electrode
- ⑧ Reference electrode
- ⑨ Electrolyte
- ⑩ Temperature controller
- ⑪ Heater body
- ⑫ Heating coil
- ⑬ Silicone oil
- ⑭ Heating beaker

Fig. 2 Schematic diagram of polarization test apparatus

3. 결과 및 고찰

3.1 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN 용액 중에서 용접부의 부동태 거동

Fig. 3은 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN 용액 중에서 오스테나이트계 스테인리스강재의 모재와 용접열영향부의 Potentiodynamic 분극곡선을 나타낸 것이다.

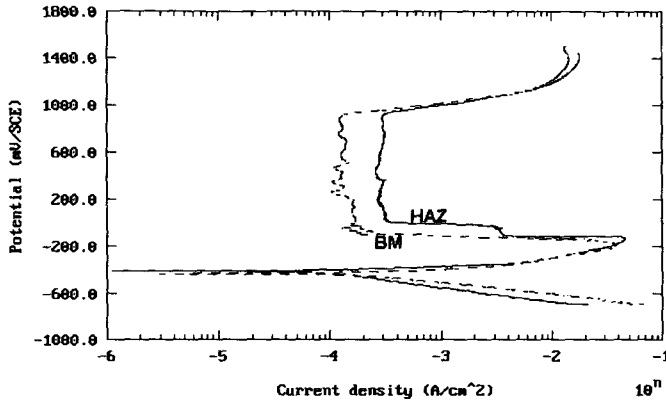


Fig. 3 Potentiodynamic polarization curves of BM and HAZ in 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN solution

스테인리스강재의 부동태화하는 데에 필요한 임계양극전류밀도 i_c 는 모재보다 용접열영향부에서 많이 배류되고, 기본 부동태전위 E_{pp} 는 모재보다 용접열영향부에서 더 높게 나타나고 있다. 또 부동태전류밀도 i_p 는 모재보다 용접열영향부에서 더 많이 배류되고 부동태영역은 용접열영향부보다 모재가 더 크게 나타나고 있다. 그러나 부동태통과전위는 모재와 용접열영향부에서 유사하게 나타나고 있다.

3.2 인가전압에 따른 용접부의 전기화학적 부식거동

Fig. 4는 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN 용액 중에서 Fig. 3의 활성영역 전위인 -200mV/SCE로 인가전압을 가했을 때의 시간경과에 따른 모재 및 용접열영향부의 전류밀도를 나타낸 것이다.

초기에 용접열영향부의 전류밀도가 모재의 전류밀도보다 더 적게 배류되다가 약 110초 이후부터는 계속해서 용접열영향부의 전류밀도가 더 많이 배류되고 있음을 알 수 있다.

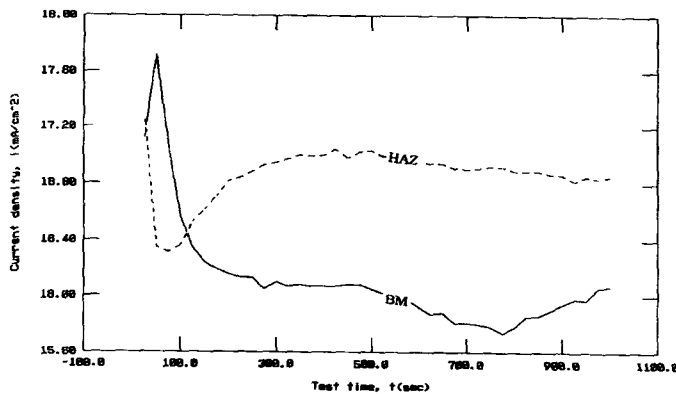


Fig. 4 Current density of BM and HAZ by impressed potential region vs test time in 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN solution

초기에 용접열영향부의 전류밀도가 모재의 전류밀도보다 더 적게 배류되는 이유는 용접열영향부는 크롬의 결핍으로 모재보다 대기 중에서 미세한 량으로 부식되어 녹이 형성되었기 때문이고 약 110초 이후부터 전류밀도가 많이 배류되는 것은 형성된 녹이 인가전압으로 용접열영향부로부터 용해되었기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 5는 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN 용액 중에서 활성영역(-200mV/SCE), 부동태영역(+300mV/SCE), 부동태통과영역(+1100mV/SCE)의 전위로 인가전압을 부가하였을 때에 시간경과에 따른 용접열영향부의 전류밀도를 나타낸 것이다.

활성영역인 -200 mV/SCE 인가전압하에서 용접열영향부의 전류밀도가 가장 높게 배류되고, 다음은 부동태영역을 지나 부동태통과영역의 초기 전위에 상당하는 전위 +1100mV/SCE에서

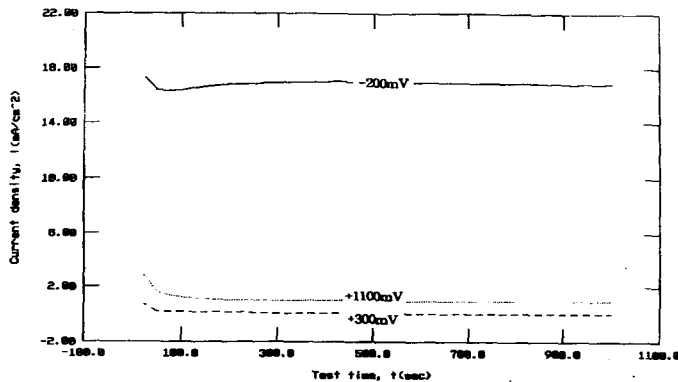


Fig. 5 Current density of HAZ by various impressed potential vs test time in 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN solution

의 전류밀도는 부동태영역의 전위인 +300 mV/SCE에서의 전류밀도보다 더 많이 배류되고 있다. 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN 용액 중에서 활성영역인 -200mV/SCE 인가전압하의 용접열영향부는 부식에 민감하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

3.3 Double loop 선도에 의한 예민화부위의 전기화학적 부식특성

Fig. 6은 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN 용액 중에서 모재 및 용접열영향부의 Double loop 선도를 나타내었다.

loop의 양극분극곡선에서 용접열영향부의 전류밀도는 모재의 전류밀도보다 많이 배류되고, 부동태유지전류밀도 i_p 는 용접열영향부보다 모재가 더 적게 배류된다.

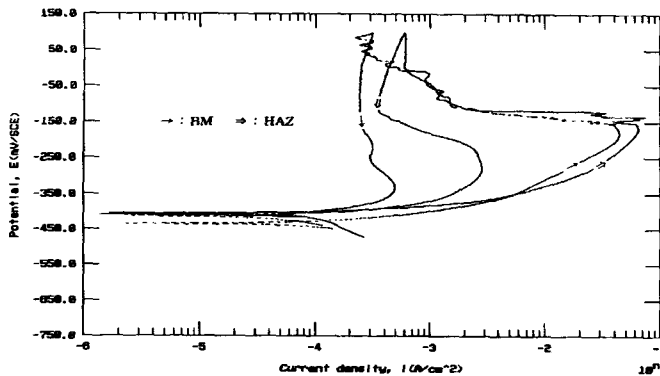


Fig. 6 Double loop curves of BM and HAZ in 0.5M H₂SO₄+0.01M KSCN solution

그리고 loop의 역방향의 분극곡선에서 모재의 부동태영역은 용접열영향부의 부동태영역보다 더 큰 구간을 나타내고, 모재의 부동태유지전류밀도는 용접열영향부의 부동태유지 전류밀도보다 크게 억제되고 있으며, 용접열영향부의 최대 전류밀도는 모재의 최대 전류밀도보다 더 많이 배류되고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 STS 304 배관재 용접부의 부식거동에 관하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 임계양극전류밀도는 모재보다 용접열영향부에서 많이 배류되고, 기본부동태전위는 모재보다 용접열영향부에서 더 높게 된다.
- 2) 부동태전류밀도는 모재보다 용접열영향부에서 더 많이 배류되고, 부동태영역은 용접열영향부보다 모재가 더 크게 된다.
- 3) 인가전압 -200 mV/SCE하에서 용접열영향부의 전류밀도는 인가전압 +300 mV/SCE 및 +1100 mV/SCE하에서보다 더 많이 배류된다.

참고문헌생략