

ERW 강관의 잔류응력 측정

*
최 광, 엄호섭, 장인화 (산업과기연 용접연구센터)
유규천 (포항종합제철 품질관리부)

1. 개요

ERW (Electric Resistance Welding) 강관에는 조관시 성형공정 및 용접 공정에 의하여 강관 내부에 잔류응력이 발생한다. 이 잔류응력은 제품의 길이, 폭, 두께 방향으로 불균일하게 분포하여 비틀림 등의 형상불량을 초래하는 원인이 되므로 최종 제품의 품질을 향상시키기 위해서는 잔류응력에 대한 정량적인 파악이 매우 중요하다.

이에 ERW강관용 소재와 ERW강관의 잔류응력을 측정된 결과를 보고한다.

2. 실험재

실험에 사용한 ERW강관용 소재는 두께 10mm의 API K55 열연 강판이며, 소재의 화학성분 및 기계적 성질을 Table 1 에 나타낸다. 또한 실험강관은 외경이 510 mm 인 강관이며, 전용용접후 용접선을 따라 길이 340mm 로 기계 절단하여 채취하였다.

3. 잔류응력 측정

[1,2]

강관용 소재 및 강관의 잔류응력은 Hole drilling strain gage method 로 측정하였으며, 사용된 잔류응력측정 strain gage는 Measurement Group 의 TEA-06-062RK-120 이다. 시험에 이용한 계측 및 해석 장치와 방법을 Table 2 에 나타낸다.

강관용 열연강판의 잔류응력은 압연방향에 직각방향인 폭방향으로 edge 로부터 각각 50, 200, 500, 800, 1000 mm 떨어진 부위의 응력을 측정하였

으며, 강관의 잔류응력은 전봉용접선을 중심으로하여 0° , 90° , 180° 의 3 부위와 2, 4, 6, 8, 30mm 떨어진 부위를 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

소재 압연방향에 직각방향인 폭방향으로의 잔류응력분포를 Fig.1에 나타낸다. 여기서 σ_w 와 σ_L 는 각각 폭방향과 길이방향의 잔류응력을 나타낸다. 길이방향 잔류응력에 비하여 폭방향 잔류응력이 소재 전폭에 걸쳐서 낮은 변화폭으로 분포하고 있다.

용접선과 직각인 원주방향으로 측정한 강관의 잔류응력분포를 Fig.2 와 Fig.3 에 나타낸다. 여기서 σ_H 과 σ_L 는 각각 원주방향 및 길이방향의 잔류응력을 나타낸다. 또한 강관의 중심을 축으로하여 용접선을 0° , 정반대의 위치를 180° 로 설정한다.

전체적으로 강관의 외표면에는 인장 잔류응력이 분포되어 있음을 알 수 있으며, 일부분을 제외하고는 길이방향 잔류응력이 원주방향 잔류응력 보다 15 kg/mm^2 정도 높은 응력치를 나타내고 있다.

길이방향 잔류응력은 용접부에서 항복응력을 초과하는 가장 높은 응력치로 나타났으며, 점차 감소하다가 용접선으로부터 30-40mm 되는 부위에서 가장 낮은 응력치를 보였으며, 재차 증가하여 180° 의 반대 부위에서도 항복응력을 초과하는 인장 응력치를 나타내고 있다. 원주방향 응력도 역시 같은 경향을 보이고 있으나 최저치는 90° 되는 부위이다.

길이방향 잔류응력이 원주방향 응력보다 높은 응력치를 나타내고 있는 것은 교정과정중에 원주방향으로 압축을 받음으로써 이전의 변형이력이 소멸되는 잔류응력 저감효과가 있으나, 성형시에 길이방향으로 roller 곡면을 따라 굽혀지므로 길이방향 응력은 저감되지 않고 잔존하기때문이라 사료된다.

한편 용접선으로부터 원주방향으로 약 30mm부근까지는 조관시의 spring back 효과가 보이고 있으며, 또한 용접부에서는 이에 더하여 용접 수축력 때문에 다른부위보다 더 높은 원주방향 응력분포를 보이고 있고, 이에 반하여 용접 길이방향으로는 용접 수축력에 의한 인장응력이 잔존한다.

여기서 잔존하는 인장응력치가 모재의 인장응력 보다 높게 나타나는 것은 Fig.4 에 나타난 바와 같이 높은 항복응력을 갖는 용접부조직이 국부적으로 나타나기때문이라 사료된다.

참고문헌

- [1] " Determining residual stresses by the hole-drilling strain-gage method." ASTM Standard E837-85,
- [2] " Measurement of residual stresses by the hole-drilling strain gage method." Tech Note TN-503-3,Measurements Group,Wendell,NC.

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of API K55

Chemical composition (%)						Mechanical properties		
C	Si	Mn	P	S	Al	Yield Stress kg/mm ²	Tensile Stress kg/mm ²	Elongation %
0.38	0.24	1.65	0.023	0.002	0.023	45.3	72.2	28

Table 2 Residual stress measuring and anlysis system

Instrument	System 4000 (Measurement Group)
Drilling method	High speed air turbine / carbide cutter
Anlysis S/W	RESTRESS

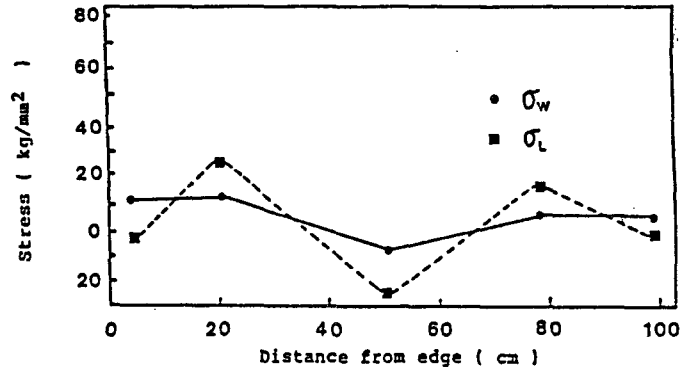


Fig.1 Residual stresses of plate at each location

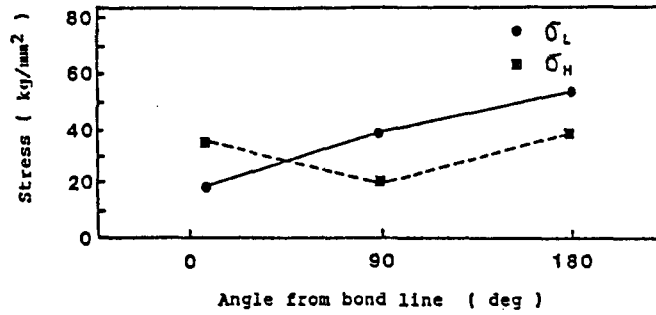


Fig.2 Residual stresses of pipe at each angle

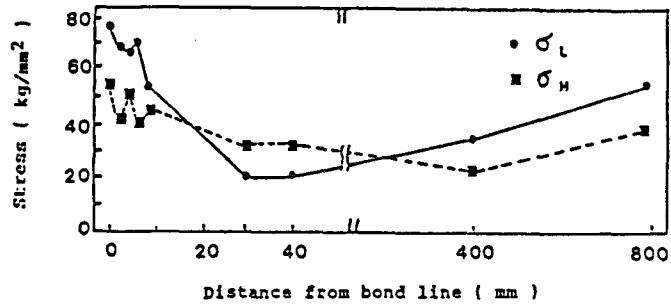


Fig.3 Residual stresses around the pipe

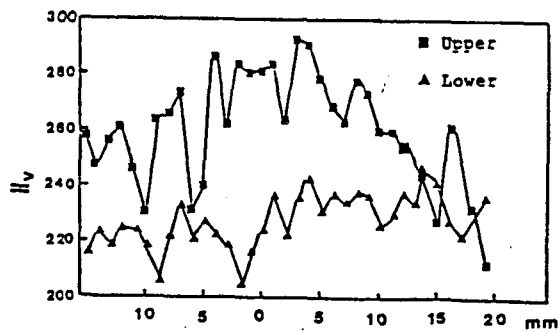


Fig.4 Hardness distribution across bond line