

변형게이지를 이용한 잔류응력 측정에 관한 연구

A study on the measurement fo residual stress using strain gauge

최원두*, 김상진*, 고준빈*, 박성두**, 최병길***, 이영호****

* 충남대학교 기계공학과 대학원

** 천안공업대학 디지털 용접과

*** 한밭대학교 소재생산가공학과

**** 충남대학교 기계공학과

1. 서 론

각종 구조물이나 구조물요소에서 압연, 기계가공, 용접 등에 의해 발생하는 잔류응력(residual stress)은 사용상태에서 각 구조물의 거동에 중요한 영향을 미친다. 특히 용접에 의한 잔류응력은 용접부 주위의 불균일한 온도분포에 기인하는 것으로 용접변형, 저온균열, 취성파괴, 피로파괴, 좌굴강도 등에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서, 기계나 구조물의 설계시 잔류응력의 크기를 정확히 파악해야하며 이를 위해서는 정확한 잔류응력의 측정이 매우 중요하다. 1934년 Mathar에 의해 제안된 응력이완법의 일종인 구멍뚫기방법(Hole Drilling Method, HDM)은 간편하고 신뢰성이 있으며, 준 비파괴적인(semi-nondestructive)방법으로서 이에 대한 연구가 지금까지 계속 이루어지고 있다.

본 연구에서는 잔류응력을 계측하기 위한 방법으로 RS-200 Milling Guide를 이용하여, STS 304의 맞대기 용접시 용접속도, 용접전류에 따른 잔류응력 분포에 대하여 조사하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 잔류응력 측정방법은 Hole-Drilling Strain Gage 방법이다. 구멍을 뚫기 위한 장비로는 RS-200 Milling Guide를 이용하였다. 잔류응력 측정에 사용된 스트레인 게이지는 미국의 Micro-Measurement사의 rosette 스트레인 게이지로서 시편의 두께에 적합한 EA-06-062RE-120를 사용하였다. Milling Guide에 사용된 드릴의 지름은 게이지에 맞추어 1.8mm를 사용하였고, 드릴 작업으로 발생하는 열에 의해 게이지가 손상되는 것을 막기 위하여 구멍을 뚫는 시간을 길게 하였다. 구멍을 뚫어 해방된 응력은 스트레인 게이지에 의해 검출되고, 이는 브릿지 박스를 통하여 스트레인 인디케이터로 출력된다. 이렇게 출력된 3개의 스트레인을 일정한 식으로 조합하여 응력으로 계산된다. 브릿지 박스는 SB-1을 사용하였고, P-3500 디지털 스트레인 인디 게이터를 사용하였다. 다음과 같이 잔류응력 측정과정을 4단계로 구분하여 설명하였다.

첫째, 잔류응력을 측정하고자 하는 위치에 rosette 게이지를 붙인다. 게이지 부착시 최대 응력이 작용할 것으로 예상되는 용접비드에 수직방향으로 1번 게이지를 향하게 하였고, 게이지의 접착을 촉진시키기 위하여 연마과정과 세척과정을 거쳐 스트레인 게이지 접착법을 준수하여 접착하였다. 이렇게 접착된 게이지는 리드선을 이용하여 브릿지 박스에 연결하였다. 브릿지 박스와 스트레인 인디케이터는 쿼터 브릿지 연결 방식에 의거하여 연결하고, 각 각의 게이지 팩터를 적용하여 영점을 조정하였다.

둘째, 밀링 가이드를 이용하여 게이지 중심에 정확히 구멍을 뚫는다. 정확한 위치를 선정하기 위하여 마이크로스코프 얼라이먼트를 사용하여 게이지의 중심과 드릴의 중심을 일치시키고, 마이크로미터로 구성된 깊이 게이지를 이용하여 깊이를 조정하였다.

셋째, 영점조정 당시의 조건과 일치시킨 후 인디케이터에 나타난 각 각의 스트레인 값을 수집한다.

넷째, Hole-drilling 법에 사용되는 기본 관계식에 측정된 스트레인 값을 대입하여 주응력 방향과 응력의 크기를 산출한다.

3. 결 론

STS 304의 얇은 평판을 용접속도, 용접전류를 변수로 하여 용접한 후 잔류응력을 측정한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. Fig. 1, Fig. 2는 용접전류가 180A, 200A일 때 용접속도에 따른 용접비드에 수직으로 분포하는 잔류응력의 분포를 나타내고 있다. 용접전류가 크고, 용접속도가 느

릴수록 잔류응력의 크기는 커지고, 같은 조건에서 용접속도가 느릴수록 잔류응력은 넓은 영역에서 크게 형성된다. Fig. 3은 용접속도가 2.5mm/s일 때 용접전류에 따른 잔류응력의 분포를 나타낸다. 용접전류가 클수록 잔류응력이 크게 형성됨을 알 수 있다.

참고문헌

1. Mathar. J. : Determination of Initial Stresses by Measuring the Deformation Around Drilled Holes, ASME, Iron & Steel, Vol 56 (1934) pp. 249~245
2. Schajer C. S., Tootoonian, M. : A new Rosette Design for More Reliable Hole-drilling Residual Stress Measurements, Experimental Mechanics, (1997) pp. 299~306
3. Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gage Method, ASTM (1992) E 837-92

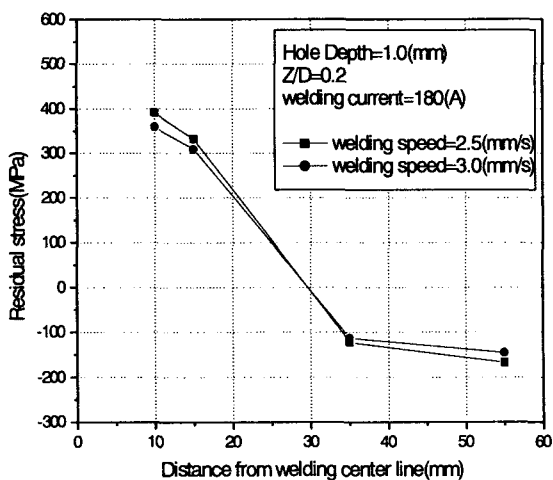


Fig.1 Distribution of residual stresses on welding speeds at welding current 180A

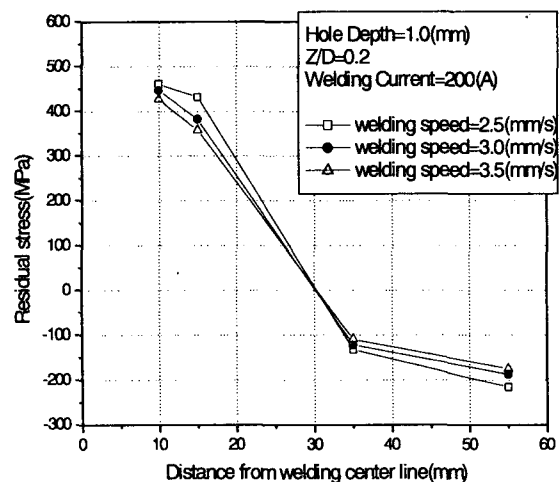


Fig. 2 Distribution of residual stresses on welding speeds at welding current 200A

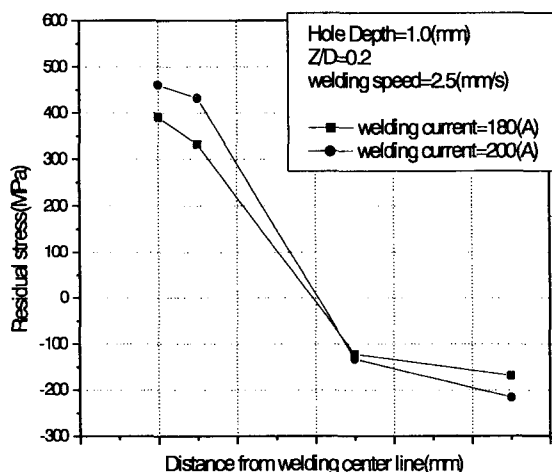


Fig.3 Distribution of residual stresses on welding currents at welding speed 2.5mm/s