

## 페라이트계 스테인리스강 용접부의 DBTT 특성 Characteristics of DBTT in Ferritic Stainless Steel Welds

우 인수\*, 이 중봉\*  
\* POSCO 기술연구소

### 1. 서 론

최근 자동차 배출가스의 규제가 강화되고 배기계 부품의 장수명화가 요구됨에 따라서 페라이트계 스테인리스강의 채용이 급증하고 있다.

자동차 배기계의 부품은 크게 shell과 파이프형상으로 나눌 수 있다. 파이프는 조관 후, 확관, 밴딩, 용접 등 2차가공이 적용된다. 조관용접은 ERW (Electrical Resistance Welding)가 일반적으로 적용되고 있으며, GTAW 및 레이저용접도 일부 채용되고 있다. GTA용접은 ERW 및 레이저용접에 비하여 생산성은 낮지만, 초기 설치 및 유지비가 저렴하고 관리에도 편리한 장점이 있다.

한편, 페라이트 스테인리스강에 GTA용접을 적용한 조관재는, 밴딩 또는 확관과정에서 용접부의 균열 발생이 문제점으로 지적되고 있다. 균열은 불순물 원소인 C, N량, 결정립 조대화, 조관공정중에 발생하는 잔류응력 등과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려지고 있으나, 체계적인 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다.<sup>1,2,3)</sup>

본 연구에서는 배기계용 부품소재로 가장 폭넓게 사용되고 있는 STS409L의 GTA용접부에 대하여 DBTT 특성을 조사하고, 용접부의 취화현상에 대하여 고찰하였다.

### 2. 사용재료 및 실험방법

사용재료는 C+N량을 5수준으로 변화시킨 열연재인 STS409L (2.5mmt)이다.

GTA 용접은 DC type 용접기(최대용접전류 350A)를 사용하였으며, bead on plate로 실시하였다. 용접조건은 용접전류 150A, 용접속도 0.2m/min, Arc length 2mm, 보호가스 Ar (15l/min)이었다.

용접금속의 C, N량은 용접금속부만을 미세절단

한 후, LECO CS-444을 이용하여 측정하였다. 미세조직은 광학현미경 및 SEM을 이용하여 관찰하였다. 용접부 단면을 sand paper 및 연마제를 사용하여 연마하고, Nital용액으로 전해에칭한 후 관찰하였다. 용접부의 경도분포는 마이크로비커스 경도기를 이용하였고, 하중 200g, 유지시간 10s으로 하여 0.2mm간격으로 측정하였다.

용접부의 DBTT특성은 시험온도는 -50~100℃의 범위에서 Charpy 충격시험을 적용하여 조사하였다. 시험편 형상은 Fig.1에 나타낸 것과 같이, 1/4Sub-size (2.5mm×10mm×55mm)을 이용하였다.

### 3. 실험결과

#### 3.1 STS409L 조관재의 GTA용접부 균열현상

Fig.2는 GTAW 조관재의 확관과정에서 발생한 균열을 나타낸 것이다. 균열은 용접금속부에서 발생하여 용접선의 수직방향인 모재로 전파하였다. 균열발생부의 파단면 조직을 Fig.3에 나타낸다. 균열발생 영역인 용접금속과 HAZ는 각각 입내취성과 미세한 dimple모양의 연성파면을 보여주고 있다. 이 사실로부터, 조관재의 용접부균열은 용접금속부의 인성저하에 따른 입내취성이 주요인인 것을 알 수 있다.

#### 3.2 GTA용접부의 DBTT특성에 미치는 C+N량의 영향

전술한 것과 같이 GTA용접부의 인성저하는 C, N과 같은 불순물 원소량과 밀접한 관계를 나타내는 것으로 보고되고 있다. Fig.4는 Charpy 충격시험후, 얻어진 천이온도를 용접금속부의 C+N량과의 관계로 정리한 결과이다. C+N량이 증가함에 따라서 천이온도도 증가하는 경향을 볼

수 있다. 즉, 용접금속부의 C+N량이 증가함에 따라서 충격인성이 저하되는 것으로 판단된다. 용접금속부의 C+N량은 용접전 소재에 함유된 것과 조관과정에서 외부로부터 혼입된 것으로 구분할 수 있다. 조관과정은 성형전 타공시에 사용되는 오일과 용접중에 보호가스 사용불량에 따른 외부공기의 혼입을 지적할 수 있다. 따라서, GTAW 조관재의 신뢰성을 확보하기 위해서는 소재에 함유된 C, N량을 극도로 제한하는 것과 동시에, 조관과정에서의 오염물질을 제거하는 것이 중요한 것으로 판단된다.

불순물인 C, N에 의한 용접금속부의 취화기구는 다음과 같이 정리할 수 있다. 용접과정중에 질화물 또는 탄화물이 기지에 석출되고, 이 석출이 균열의 기점으로 되는 것과 동시에 균열의 전파에너지를 저하시키며, 또한 석출에 의하여 용접금속부를 경화시키기 때문에 사료된다.

#### 4. 결 론

- 1) GTAW 조관재의 균열은 용접금속부의 인성 저하에 따른 입내취성이 주요인인 것을 확인하였다.
- 2) 용접금속부의 C+N량이 증가함에 따라서 천이온도도 증가하였다. 즉, C+N의 증가에 의해 용접부의 충격인성이 저하되는 것을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. John F. Grubb and Roger N.Wright : Metallurgical Transactions A, 10 (1979), 1247-1255
2. J.M.Sawhill, Jr and A.P.Bond : Welding Journal, 55-2(1976), 33s-41s
3. B.Pollard : Welding Journal, 51-4(1972), 222s-230s

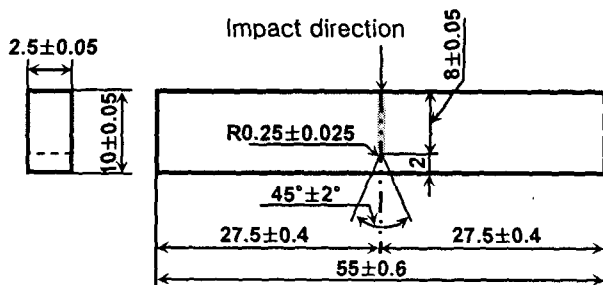


Fig.1 Charpy specimen of GTA welded joint

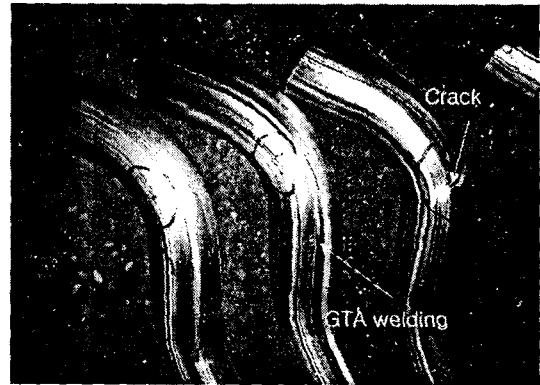


Fig.2 Cracks of GTA welded pipe for bending test

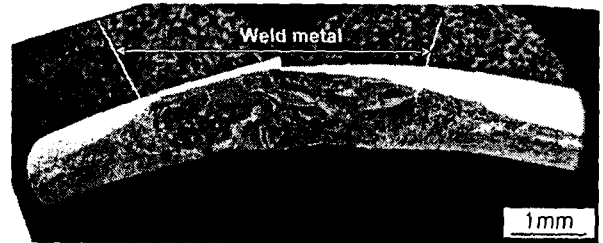


Fig.3 SEM fractograph of crack in GTA welded pipe

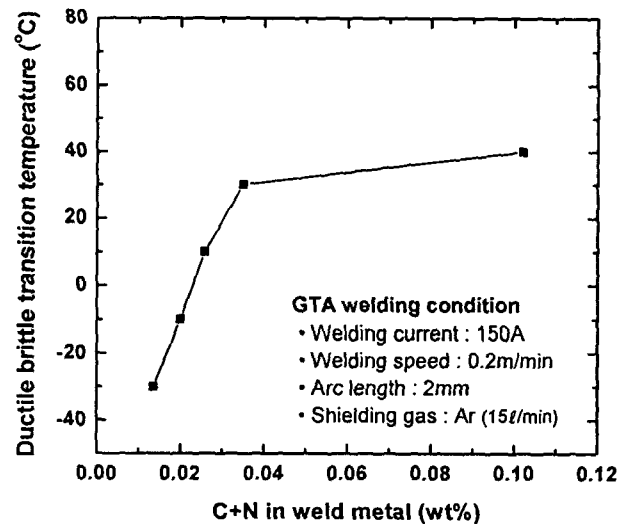


Fig.4 Effect of C, N on the DBTT of GTA welded joint