

원주자동용접 공정에 따른 고장력강 용접부의 기계적특성 비교

백종현, 김영표, 김우식,

한국가스공사 연구개발원

A comparison of mechanical properties of weldments on the high tensile strength steels in orbital automatic welding processes.

Jong-Hyun Baek, Young-Pyo Kim, Woo-Sik Kim

R&D Center, Korea Gas Corporation, 277-1 Il Dong, Ansan, 425-150

1. 서론

국내 천연가스 배관은 용접으로 연결되며 용접방법은 가스텅스텐아크용접(GTAW)과 피복아크용접(SMAW)을 혼합하여 수동으로 용접하고 있다.

용접사에 의해 수동으로 배관을 용접하는 방법은 용접사의 개인능력에 따라 용접 품질의 변화가 발생할 수 있다. 또한 인력의 고학력화외 어려운 일을 기피하는 풍조로 용접사 확보가 어려워져 인건비가 계속해서 증가하고 있으며 향후 용접사 확보에도 어려움이 발생할 것으로 예측된다.1) 이러한 문제점을 해결하기 위하여 배관 용접을 시행하는 국내외 여러 회사들은 배관원주 자동용접기를 사용하여 용접을 수행하는 추세이다.2~6) 자동용접기를 사용한 용접부는 용접사의 자질에 크게 좌우되지 않아 균일한 품질을 얻을 수 있으며 생산성이 향상됨으로 궁극적으로 용접비용을 절감할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 GTAW 방식과 FCAW 방식의 원주자동용접기를 사용하여 API 5L X65 천연가스 주배관 원주용접부 특성변화를 관찰하고자 한다.

2. 실험방법

천연가스 주배관으로 사용되는 API 5L X65(직경 762mm, 두께 17.5mm) 배관에 대하여 GTAW 방식과 FCAW 방식으로 원주자동용접을 실시하였다. GTAW 원주자동용접시에는 직경 1.2mm인 ER80S-G와 ER80S-Ni1 용가재를 사용하였으며, FCAW 원주자동용접시에는 E71T1, E81T1-Ni1 및 E80T1-K2 용가재를 사용하였다. 용접부의 미세조직 변화를 관찰하기 위하여 5%Nital 부식액을 사용하여 광학현미경을 이용하여 각 원주용접부의 3, 6, 9 및 12시 방향에서 관찰하였다. 표 1에는 본 시험에 사용된 5가지 종류의 용접공정을 나타내었으며 Bevel각도는 30°, V-Groove로 가공하여 수직상향용접 하였다. 표 2는 ICP-MS를 이용한 각 용착금속부에 대한 성분분석 결과이다. 용접공정 변화에 따른 충격흡수에너지에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 ASTM E23 규정에 의거 충격시험을 실시하여 그 결과를 그림 1에 나타내었다. 충격시험은 -60°C에서 25°C까지 20°C간격으로 각 시험온도에서 3개의 시험편을 준비하여 실시하였다. 경도측정은 0.5kg 하중 하에서 미소비이커스 경도기를 사용하여 용접부와 모재부가 포함된 부분에 대하여 배관두께 중앙부위외 배관 내,

외부 ±1.5mm부위에서 1mm간격으로 측정하여 그림 2에 나타내었다. 용접부에대한 인장시험과 굽힘시험은 API 1104 규격에의거 상온에서 실시하였다.

3. 실험결과

용접입열량에 있어서 FCAW 공정에서는 13~16kJ/cm 이었으며, 반면에 GTAW 공정에서는 30~34kJ/cm 정도로 더 높은 입열로 용접되었다. 용착금속부에대한 성분분석 결과 탄소함량은 FCAW 용착금속부기 0.05~0.06wt.% 이었으며, GTAW 경우에는 0.07wt.%로 나타났다. 망간 함량은 Ni1계기 다른 용기재 보다 약간 더 높게 분석되었다. 5가지 용접부에대한 충격시험결과 GTAW 방식의 ER80S-G 용기재를 사용한 용착금속부기 가장 높은 값을 나타내었으며, ER80S-Ni1의 경우에는 상온에서도 50J 이하의 낮은 충격흡수에너지값을 나타내었다. 용착금속부 최상단부에대한 경도는 ER80S-Ni1의 용접부가 280~300Hv 정도로 다른 용접부에 비하여 더 높게 측정되었으며 E71T1의 용착금속부는 다른 용접부에 비하여 낮은 경도분포를 나타내었다.

4. 참고문헌

- 1) Y.Shiokawa : 配管技術, 8月, pp93-99, (1994)
- 2) D.V.Dorling et al. : Welding Journal, 71, May, pp55-61 (1992)
- 3) I. Tanaka et al. : 配管技術, pp230-236, (1985)
- 4) D.V.Dorling : Welding Journal, 71, Oct, pp39-44 (1992)
- 5) T. Fujimoto : 川崎製鐵技報, 25, Mar, pp40-43, (1993)
- 6) Y. Sugitani : 日本鋼管技報, No. 136, pp45-51, (1991)

Table 1. Welding conditions used in this work.

| Welding | Filler Metal | | V | A | Welding Speed (cm/min.) | Heat Input (kJ/cm) |
|---------|--------------|------|------|-----|-------------------------|--------------------|
| | AWS | Dia. | | | | |
| GTAW | ER80S-G | 1.2 | 16.4 | 227 | 7.2 | 30.9 |
| | ER80S-Ni1 | 1.2 | 16.4 | 255 | 7.2 | 34.8 |
| FCAW | E81T1-Ni1 | 1.2 | 24 | 186 | 20 | 13.4 |
| | E80T1-K2 | 1.2 | 24.5 | 186 | 20 | 13.6 |
| | E71T1 | 1.2 | 25 | 222 | 20 | 16.7 |

Table 2. Chemical compositions of the weld metal.

| Element | | C | P | Mn | S | Si | Cr | Ni | Pb | Nb | Ti | Ta | Mo | Fe |
|------------------|-----------|-------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| G T A W | ER80S-G | 0.074 | 0.014 | 1.15 | 0.008 | 0.16 | 0.05 | 0.8 | 0.008 | 0.06 | 0.03 | 0.09 | 0.43 | Bal. |
| | ER80S-Ni1 | 0.076 | 0.016 | 1.12 | 0.012 | 0.68 | 0.04 | 0.96 | 0.006 | 0.04 | 0.03 | 0.10 | 0.25 | Bal. |
| F C A W | E81T1-Ni1 | 0.066 | 0.016 | 1.70 | 0.011 | 0.98 | 0.04 | 1.38 | 0.004 | 0.03 | 0.10 | 0.04 | 0.18 | Bal. |
| | E80T1-K2 | 0.055 | 0.014 | 1.27 | 0.008 | 0.59 | 0.03 | 1.16 | 0.003 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.003 | Bal. |
| W | E71T1 | 0.069 | 0.013 | 1.34 | 0.008 | 0.49 | 0.04 | 0.03 | 0.002 | 0.03 | 0.07 | 0.03 | 0.004 | Bal. |

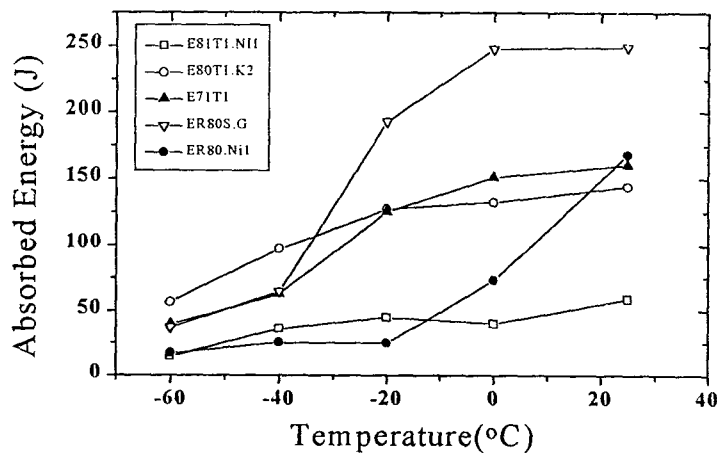


Fig. 1. Charpy V-notch impact energy curves on the weld metal.

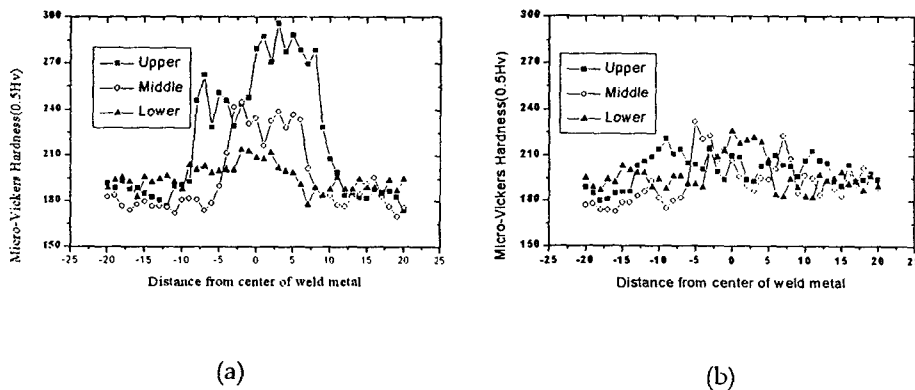


Fig. 2. Micro-Vickers hardness distribution with variation of welding process

(a) ER80S-Ni1-GTAW (b) E71T1-FCAW