

## 천연가스수송용 강관 용접부의 미세조직과 기계적특성

### Study on the microstructure and mechanical properties of weldment of natural gas pipeline

김철만\*, 김우식, 백종현, 김영표

한국가스공사 연구개발원

#### 1. 서론

현재 전국으로 확대되고 있는 천연가스의 공급은 지하매설배관을 통해 이루어 지고 있다. 이러한 배관으로는 고장력강이 사용되고 있으며 배관끼리는 용접으로 연결된다. 배관은 사용압력이나 사용위치에 따라 여러종류가 있으며 배관 생산공정에서도 차이가 생긴다. 이 다양한 배관을 용접하면서 생기는 용접부와 열영향부의 특성은 각 배관과 용접공정별로 다양하게 나타난다. 즉 배관제작공정시 필요한 심용접과 건설현장에서 배관용접시 사용되는 원주용접은 공정자체가 다르며 배관의 종류에 따라 용접공정이 변화한다.

본 연구에서는 이러한 천연가스배관의 용접공정중 대표적인 고압배관 용접부의 미세조직과 기계적특성의 변화를 알아보았다.

#### 2. 실험방법

##### 2.1 천연가스수송용 강관의 사양 및 용접방법

현재 한국가스공사에서 천연가스 수송용으로 고압 및 중압에서 사용하고 있는 배관의 종류 및 각 배관의 용접방법을 표1에 나타내었다.<sup>1)2)3)</sup> 본 연구에서는 대부분의 배관을 차지하고 있는 API X65등급을 주대상으로 하였다.

표 1. 천연가스 배관의 종류 및 용접방법

사용압력	고압용		중압용	
	70Kg/cm <sup>2</sup> 이상		30Kg/cm <sup>2</sup> 이상	
배관재질등급	API 5L X65		API 5L X42	
기계적특성 요건	항복강도	45.7Kg/mm <sup>2</sup>	항복강도	36.6Kg/mm <sup>2</sup>
	인장강도	54.1Kg/mm <sup>2</sup>	인장강도	46.4Kg/mm <sup>2</sup>
배관 관경	30inch	26inch	24inch	20inch
배관 두께	17.5, 14.3mm	15.9, 11.9mm	8.7, 7.1mm	7.1, 6.4mm
배관제작시 심용접 방법	SAW		ERW	
건설현장 원주용접 방법	GTAW+SMAW		GTAW+SMAW	

##### 2.2. 실험방법

표1에 나타내었듯이 천연가스 수송압력별로 각 배관의 재질과 용접방법이 다르다. 본 연

구에서는 각 배관의 심용접부와 원주용접부의 제반특성을 비교하고자 미세조직과 기계적특성을 알아보았다.

미세조직 관찰은 광학현미경을 이용하였으며, 용접으로 인한 각 용접부위의 미세조직 변화 양상을 용착금속, 열영향부, 모재에 대하여 각각 살펴보았다.

기계적특성을 파악하기 위하여 인장, 경도, 충격, 파괴인성(CTOD)시험을 수행하였다. 인장 시험은 배관설계온도가 -29~38℃인 것을 감안하여 -30, 0, 40℃에서 용접부 길이방향에 대하여 실시하였으며, 경도는 용착금속, 열영향부, 모재가 모두 포함된 영역을 설정하여 1mm 간격으로 미소비커스경도기를 사용하여 3방향에 대하여 측정하였다. 충격시험은 40℃부터 -120℃까지 20℃간격으로 실시하여 연성-취성 천이온도 변화를 파악하였다. 노치위치를 용착금속부위, 용융선부위, 열영향부위등으로 변화시키면서 각 용접부에서 실시하였다. 파괴인성시험은 CTOD시험법을 채택하여 충격시험과 동일한 조건으로 -30, 0, 40℃에서 각 용접부의 용착금속부위, 용융선부위, 열영향부위에 대하여 실시하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

표1의 4가지 용접방법에 대하여 앞서 기술한 다양한 실험을 수행하였는 데, 본고에서는 API 5L X65배관의 심용접부와 원주용접부의 인장 및 충격특성에 대해서 비교 분석하고자 하였다.

그림 1은 심용접부 및 원주용접부에서 노치위치 및 시험온도에 따른 충격에너지 변화를 나타내었다. 전반적으로 노치위치가 용착금속에서 열영향부로 변함에 따라 연성-취성 천이온도가 저온으로 이동하였다. 특히 노치위치에 따른 심용접부의 천이온도 변화가 원주용접에 대한 것보다 더 크게 나타났으며 심용접 열영향부 천이온도는 -90℃내외로 가장 낮게 나타났다.

그림 2(a)와 (b)는 심용접부와 원주용접부의 인장시험결과를 시험온도 변화에 따라 나타내었다. 심용접부가 원주용접부보다 인장 및 항복강도가 크게 나타났으며 반대로 연신율은 8~10%정도 작게 나타났다. 온도변화에 따른 강도의 차이는 매우 작게 나타났으며 연신율은 온도감소에 따라 거의 변화가 없거나 오히려 약간 증가하는 현상을 나타내었다.

### 4. 요약

- 1) 미세조직과 기계적특성을 파악하여 천연가스 수송용으로 사용되는 고장력강의 용접부 특성변화를 비교, 분석하였다.
- 2) 충격시험 결과 심용접 열영향부의 연성-취성 천이온도가 가장 낮게 나타났다.
- 3) 심용접부의 강도는 원주용접부 보다 크게 나타났으며 반면 연신율은 작게 나타났다.

### 5. 참고문헌

- 1) 한국가스공사 사내규격
- 2) API STD. 5L Specification for Line Pipe
- 3) API STD. 1104 Welding of Pipelines and Related Facilities

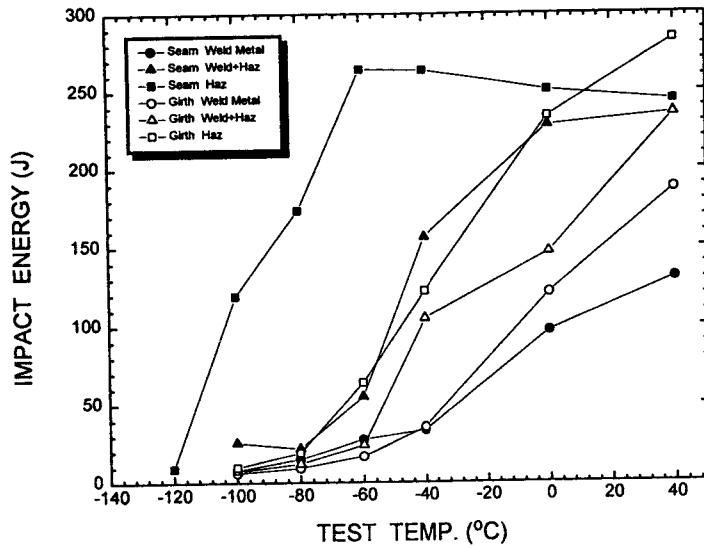


Fig. 1. The variations of CVN impact energy as a function of test temperature in seam weld and girth weld.

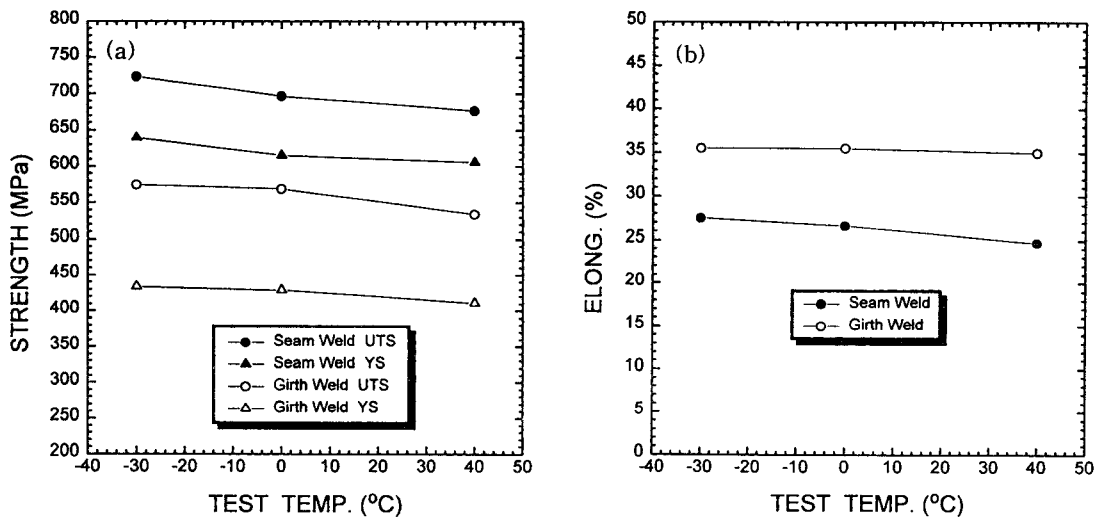


Fig. 2. The variations of (a) strength and (b) elongation as a function of test temperature in seam weld and girth weld.