

강재 가스배관용 분기티의 개발 및 성능평가

김영규 · 류근준 · 노오선 · 김지윤 · 김나연*

한국가스안전공사 가스안전시험연구원

*동일상사

Development and Performance Evaluation of Split Tees for Gas Steel Pipelines

Young Gyu Kim, Geun Jun Lyu, Ou Sun Noh, Ji Yoon Kim and Na Yon Kim*

Institute of Gas Safety Technology, KGS

**Doil il international LTD*

1. 서론

1990년 이후 국내 가스에너지의 연평균 소비증가율은 약 12.6%로 높은 증가추세를 보여왔으며, 수요가수도 1986년에 약 270만 가구에 불가하던 것이 1999년에는 약 1,529만 가구로 대폭 증가하였다. 이와 더불어 가스에너지를 공급하기 위한 전국적인 배관망 구축과 확장작업이 지속적으로 이루어졌고, 1999년말 기준으로 도시가스배관의 설치길이는 도시가스사의 배관 15,290km(본관 5,556km, 공급관 9,734km), 가스공사의 배관 1,955km로 총 17,245km에 이르고 있다[1-3].

배관망을 통해 공급된 가스를 수요가에서 사용하기 위해서는 배관을 분기하여야 하는데, 고전적인 분기방법에는 밸브를 잠그고 작업하거나 또는 고무제 스톱퍼로 가스유로를 차단시켜 작업하는 방법이 있다. 최근에는 공급중인 가스를 중단하지 않은 On-Line 상태하에서 배관분기를 할 수 있는 기술개발이 이루어졌으며, 현재 상용화된 제품이 국내·외에서 가스배관의 분기현장에 적용되고 있다. 이들 분기시스템은 외국에서 특허출원은 물론 완제품을 생산하면서 중요기술의 노하우도 축적한 상태에 있다. 그러나 이와 같은 분기방법은 작업의 복잡성, 과다한 작업시간과 비용부담, 작업시 가스누출 등 많은 문제점이 노출되고 있다.

본 연구에서는 이러한 기존 분기방법의 문제점을 개선하기 위해 외국의 특허기술을 침해하지 않으면서 동시에 가스공급을 중단하지 않은 On-Line 상태하에서 분기작업이 가능한 새로운 방식의 분기티를 개발하고, 개발된 분기티의 성능과 신뢰성에 관한 성능평가를 실시하였다.

2. 강관 분기티 개요

가스공급과 배관확장을 위하여 배관에서 분기하고자 할 때 사용되는 배관과 배관과의 연결재를 통상 분기티(split tees)라고 하며, 천공피팅(tapping fittings) 또는 천공슬리브(tapping sleeves)라고도 부른다. 배관분기는 가스공급을 차단한 상태에서 실시하는 방법과 가스공급을 중단하지 않은 On-Line 상태에서 실시하는 방법으로 대별되는데, 이러한 배관분기는 굴착, 용접, 천공, 피복방식 등의 복잡한 과정을 거쳐 이루어진다.

Fig. 1에서는 기존의 대표적인 분기티 형상을 보여주고 있다. 서비스티나 특수 제작된 티를 배관 상단부에 용접하거나 장착한 후 티상단에는 천공기 부착용 플랜지를 용접하며, 여기에 마감을 위한 플러그 캡을 설치하는 구조이다.



Fig. 1. Conventional split tee.

3. 신규 분기티 시작품 제작

3.1 시작품 구조

신규개발 분기티는 심레스 강관(seamless steel pipe), 오링(o-ring), 링 스프링(ring spring), 차단판(slucie plate)으로 구성되었으며, 제작된 시작품을 Fig. 2에 제시하였다. Fig. 2에서 보듯이 개발된 신규 분기티의 경우, 일자형 구조로서 배관 상단부나 측면에 용접하며, 분기티 상단에는 천공기 장착을 위한 나사 홈이 있고, 중간에 가스차단용 삽입구가 설치된 구조를 갖는다.

특히 배관내부의 압력을 오링접촉에 의해 차단하는 구조이므로 용접시 용접입열에 의한 가스분출(blow-out) 현상이 발생할 가능성이 있으므로, 이를 방지하기 위하여 오링 외부에는 강재의 링 스프링을 부착하여 그루브 용접(groove weld)을 하였다. Table 1에는 신규 분기티 시작품의 부품별 재료를 제시하였다.

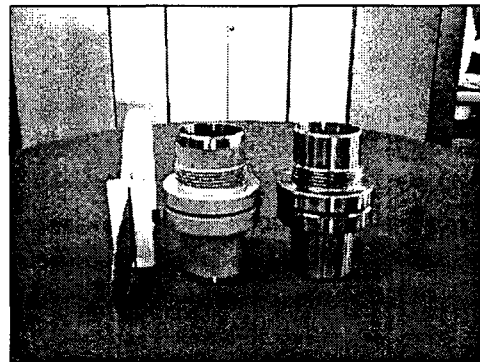


Fig. 2. Developed split tee.

Table 1. Materials of developed split tee.

Components		Materials
Upper · Lower Body		Seamless steel pipe
O-ring		NBR
Ring spring		Steel wire
Sluice plate	Plate	STS 304
	Handle	ALDC 12

3.2 설계 성능기준

신규개발 분기티는 기존의 분기티와는 상이한 형상의 새로운 차단방식의 배관 연결재로서 구조의 단순화와 소형화, 그리고 배관에 수평설치가 가능토록 설계·제작하였다. 신규개발 분기티의 설계시 고려한 성능기준은 다음과 같다[4-10].

- 기밀시험: 최고사용압력의 1.1배로 5분 이상 가압하였을 때 누출 등의 이상이 없을 것.
- 내압시험: 최고사용압력의 1.5배로 5분 이상 유지하여 누출 등의 이상이 없고, 그 후 압력을 내려 사용압력으로 하였을 때 팽창, 누출 등의 이상이 없을 것.
- 차단판 밀폐시험: 최고사용압력의 1.1배로 5분 이상 가압하였을 때 차단판 삽입후와 차단판 이탈후에 누출 등의 이상이 없을 것.
- 용접부 비파괴시험: 표면의 갈라짐에 의한 결함 자분모양이 없을 것·선상 결함자분모양의 최대길이가 4mm이하일 것·원형상 결함 자분모양의 장경이 4mm이하일 것.
- 용접부 굽힘시험: 용접금속부의 바깥쪽에 길이 1.5mm를 초과하는 균열(가장 자리의 모서리에 발생하는 작은 균열을 제외한다)이 없을 것.
- 내가스성시험: 연화, 팽창 등의 이상이 없고, 질량변화율이 -8~5% 이내일 것.

4. 시작품의 성능평가

개발된 신규 분기티 시작품의 성능평가는 밸브류내압시험기, 자분탐상시험기, 재료시험기, 내가스성시험장치 등을 이용하여 기밀시험, 내압시험, 차단판 밀폐시험, 용접부 비파괴시험, 굽힘시험, 내가스성시험을 확인하는 절차로 실시하였다. 각각의 성능평가는 다음과 같은 방법으로 실시하였다[4-10].

- 기밀시험: 분기티 시료를 밸브류내압시험기에 장착시킨 후 밸브를 서서히 열어 공기압을 11kg/cm²까지 가하여 5분 이상을 유지하며, 누출검지액을 도포하여 누출여부를 관찰한다.
- 내압시험: 분기티 시료를 밸브류내압시험기에 장착시킨 후 분기티 내부에 물

을 채우고 압력을 $15\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지 서서히 올려 5분간 유지하며, 그루브와 몸체에 서의 누출, 변형여부 등을 관찰한다.

- 차단판 밀폐시험: 분기티 시료를 벨브류내압시험기에 장착시킨 후 압력밸브를 서서히 열어 공기압이 $11\text{kg}/\text{cm}^2$ 되었을 때 5분간 유지하여 누출여부를 관찰하며, 몸체 상단부에 연결된 고무튜브를 수조속에 담구어 차단판의 누출여부를 확인한다. 또한 차단판을 이탈시킨 다음에 누출여부를 관찰한다.

- 용접부 비파괴시험: 분기티 시료에 백색페인트를 도포하여 자분탐상시험기에 장착시킨 후 분기티의 수평 및 수직방향에 대하여 자분을 분사하면서 그루브 용접부의 결함여부를 관찰한다.

- 용접부 굽힘시험: 분기티 굽힘시료를 재료시험기에 장착한 후 눌러 굽히는 방법으로 실시하며, 누름쇠는 $15\text{mm}/\text{min}$ 의 속도로 이동하면서 하중을 가하여 시료의 연신율이 30% 이상이 되도록 굽혀서 결점유무를 관찰한다.

- 내가스성시험: 오링 시료를 내가스성시험장치의 이소옥탄액에 침지한 후 $40\sim 45^\circ\text{C}$ 온도에서 70시간 유지한 후 질량변화율을 산출하고 변형여부를 관찰한다.

5. 성능평가 결과 및 고찰

5.1 기밀시험

신규 분기티 시료 5개에 대하여 기밀시험을 실시한 결과, 분기티 시료 5개 모두 최고사용압력의 1.1배인 압력 $11\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 누출현상은 발생되지 않았다. 그루브와 몸체의 기밀성이 어느 정도까지 유지되는지를 알아보기 위하여 공기압력을 $15\text{kg}/\text{cm}^2$, $18\text{kg}/\text{cm}^2$, $20\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 증가시켜 가면서 확인한 결과에서도 누출된 시료는 나타나지 않았다.

5.2 내압시험

신규 분기티의 내압강도를 확인하기 위하여 압력 $15\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 시료 5개에 대한 내압시험을 실시한 결과, 그루브 오링부위나 몸체에서 물이 누출되거나 팽창 등의 변형현상은 발생되지 않았다. 압력을 $22\text{kg}/\text{cm}^2$, $30\text{kg}/\text{cm}^2$, $40\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지 상승시켜 가면서 누출여부 및 변형을 확인한 결과 누출되거나 변형된 시료는 발생되지 않았다.

5.3 차단판 밀폐시험

분기티 시료 5개에 대한 차단판 밀폐시험을 실시한 결과, 분기티 시료 5개 모두 차단판이나 그루브 오링부위에서 누출현상은 없었다. 또한 공기압력을 상승시켜 가면서 시험한 결과 $20\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서도 누출은 발생되지 않았다. 이와 같은 시험결과로부터 분기티 차단판의 밀폐시험을 통하여 차단판 삽입 및 이탈의 기밀

성은 양호하였으며, 설계압력의 2배인 20kg/cm²에서도 누출현상이 발생되지 않아 양호한 밀폐성능을 갖는 것으로 판단된다.

5.4 비파괴시험

분기티의 그루브 용접시료의 자분탐상시험기에 수평 및 수직으로 장착하여 연속적으로 결함여부를 관찰한 결과, 분기티 시료 5개 모두 표면의 갈라짐에 의한 결함 자분모양 및 결함에 의한 자분모양은 발생되지 않았다. 분기티 그루브 용접부에 발생된 선형지시를 Fig. 3에서 보여준다. 이와 같은 선형지시 현상은 용접시 용입이 낮기 때문에 발생되므로 그루브 용접시 용입을 현재보다 깊게 하거나 분기티 제조시 그루브각을 크게 하면 해결될 수 있을 것으로 판단된다.

5.5 굽힘시험

Tinius Olsen 재료시험기를 이용하여 채취된 분기티 시편 5개의 그루브 용접부에 대한 굽힘시험을 실시한 결과, 분기티 용접금속부에서 길이가 1.5mm를 초과하는 균열은 발생되지 않았다. 시편에 가해진 굽힘하중(bending load)은 486~775kgf, 용입깊이(depth of weld penetration)는 2.39~2.73mm로 넓은 분포를 갖는 것으로 나타났으며, 계산한 굽힘강도(bending strength)도 4.81~7.09kgf/mm²으로 그 편차가 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 궁극적으로 용접시 용입(weld penetration)이 충분하지 못하여 발생한 것으로 추측되며, 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 용접시 용접전류, 용접열, 용접속도 등을 재검토하여 용접성을 높여야 할 것으로 판단된다. Fig. 4에서는 분기티의 그루브 용접부의 단면형상을 보여주고 있는데, 굽힘시험을 하기전의 오링 커플이 상호 면접촉되어 변형된 형상과 그루브 용접후의 용입된 형상을 보여주고 있다.

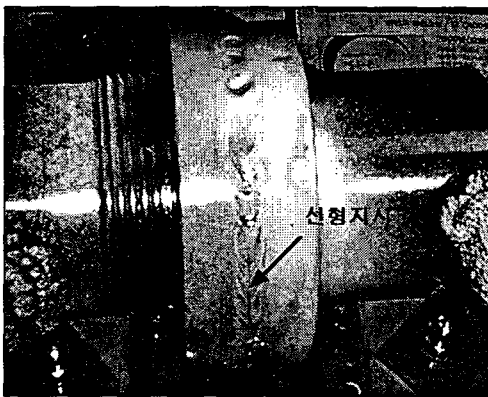


Fig. 3. Linear indication.

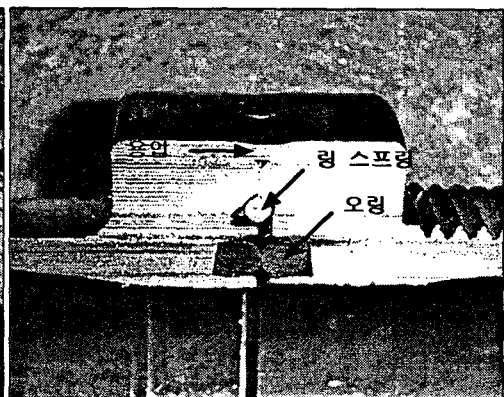


Fig. 4. Shape of section.

5.6 내가스성시험

분기티의 오링시료 10개에 대한 이소옥탄액에 침지전·후의 질량평균값은 각각 5.47g과 5.45g이었으며, 침지후에 약 0.02g이 감소한 것으로 나타났다. 측정된 오링의 질량으로부터 질량변화율을 산출한 결과, 오링 10개의 질량변화율은 -0.55~0.18%의 범위내에 존재하였다. 이 값은 오링의 내가스성시험 성능기준인 -8~5%의 조건을 충분히 만족하는 것으로 나타났다. 이와 같은 시험결과로부터 신규 분기티에 사용된 오링은 질량차가 매우 적게 나타났을 뿐만 아니라 침지후 오링을 관찰한 결과에서도 연화되거나 팽창 등의 이상현상이 발생되지 않은 것으로 미루어 볼 때 적절한 내가스성을 갖고 있는 것으로 평가된다.

6. 결론

가스공급을 중단하지 않은 On-Line 상태에서 강제 가스배관의 분기가 가능한 새로운 방식의 분기티를 개발하였으며, 개발된 신규 분기티의 시작품에 대한 기밀시험, 내압시험, 차단판 밀폐시험, 용접부 비파괴시험, 굽힘시험, 내가스성시험 등의 평가결과는 전반적으로 양호한 성능과 신뢰성을 갖는 것으로 나타났다. 신규 분기티는 작업시간의 단축, 시공비용의 절감, 그리고 제품의 소형화에 의한 피복방식 처리의 용이성 등 많은 기술적 및 경제적인 파급효과가 있을 것으로 기대된다. 특히 배관측면에 대한 수평분기가 가능하여 기존 분기작업시 애로사항이었던 배관의 매설심도 유지문제가 해결될 수 있을 것으로 예상된다. 향후 송유관, 열병합의 열수송관, 상수도관 등의 분기에도 적용할 수 있을 뿐만 아니라 플리에틸렌관 전용의 분기티 개발에도 기술응용이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 한국가스안전공사, "고압가스통계" (2000).
2. 배관안전진단연구회, "배관안전진단 WorkShop" (1999).
3. 도시가스협회, "도시가스사업편람" (1999).
4. 한국가스안전공사, "가스법관련고시집" (1999).
5. 한국가스안전공사, "도시가스사업법" (1999).
6. 한국가스안전공사, "액화석유가스의 안전 및 사업관리법" (1999).
7. 한국가스안전공사, "고압가스안전관리법" (1999).
8. KS D 0213, "철강재료의 자분탐상시험방법 및 자분모양의 분류" (1994).
9. KS B 0804, "금속재료 굽힘시험방법" (1997).
10. KS M 6518, "가황고무 물리시험방법" (1996).