

강제 가스배관용 분기티의 개발 연구

김 영 규 · 노 오 선 · 김 지 윤
한국가스안전공사 가스안전시험연구원
(2000년 9월 7일 접수, 2000년 12월 2일 채택)

Development of Split Tees for Gas Steel Pipelines

Young Gyu Kim, Ou Sun Noh and Ji Yoon Kim
Institute of Gas Safety Technology, KGS
(Received 7 September 2000 ; Accepted 2 December 2000)

요 약

본 연구에서는 강제 가스배관의 가스공급 중단과 가스압력의 손실이 없는 상태에서 효과적으로 분기가 가능한 분기티를 개발하였다. 본 분기티는 배관의 분기위치를 고려하여 설계하였고, 기존 분기티의 문제점인 매설배관의 심도유지가 가능해졌다. 개발된 분기티는 시험결과 기밀성, 내압성, 밀폐성, 용접성, 굽힘성, 내가스성의 성능특성이 우수한 것으로 평가되었다. 본 연구결과를 통한 분기티의 적용은 비용절감과 작업시간 단축뿐만 아니라 현장 피복이 용이하다는 장점을 제공할 수 있을 것이다.

Abstract - We have developed a new split tee which can be used to effectively branch into a main gas steel pipelines without losing any gas pressure or having to shut down a line. The split tee has been designed considering the locations of branch connection to the pipelines. Therefore, we could keep the depth of buried pipelines which used to be the problem of the conventional split tees. Test results of the developed split tee showed that the performance of the tightness, hydraulic strength, sealing, welding, bending, and compatibility were excellent. The application of the split tee can provide the advantage of eliminating cost and time, and easy field pipeline coatings.

Key words: Split tees, Tapping fittings, Tapping sleeves

1. 서 론

1990년 이후 국내 가스에너지의 연평균 소비 증가율은 약 12.6%로 높은 증가추세를 보여왔으며, 수요가수도 1986년에 약 270만 가구에 불과하던 것이 1999년에는 약 1,529만 가구로 대폭 증가하였다. 이와 더불어 가스에너지를 공급하기 위한 전국적인 배관망 구축과 확장작업이 지속적으로 이루어졌고, 1999년말 기준으

로 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 상태에서 배관분기를

†주저자 : ygkim@kgs.or.kr

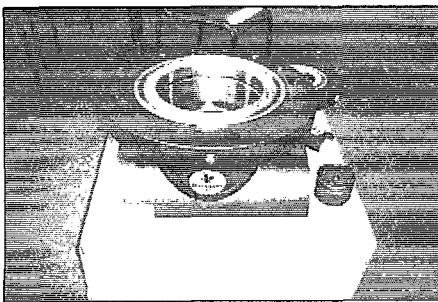
할 수 있는 기술개발이 이루어졌으며, 현재 상용화된 제품이 국내·외에서 가스배관의 분기현장에 적용되고 있다. 이들 분기시스템은 외국에서 특허출원은 물론 완제품을 생산하면서 중요기술의 노하우도 축적한 상태에 있다. 그러나 이와 같은 분기방법은 작업의 복잡성, 과다한 작업시간과 비용부담, 작업시 가스누출 등 많은 문제점이 노출되고 있다.

본 연구에서는 이러한 기존 분기방법의 문제점을 개선하기 위하여 외국의 특허기술을 침해하지 않으면서 동시에 가스공급을 중단하지 않은 상태에서 분기작업이 가능한 새로운 방식의 분기티를 개발하고, 개발된 분기티의 성능과 신뢰성을 알아보기 위한 성능평가를 실시하였다.

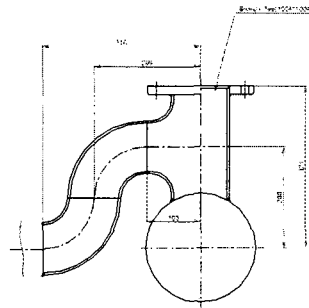
2. 강관 분기티 개요

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

Fig. 1에서는 기존의 대표적인 분기티 형상과 설치된 개략도를 보여주고 있다. 서비스티나 특수 제작된 티를 배관 상단부에 용접하거나 장착한 후 티상단에는 천공기 부착용 플랜지를 용접하며, 여기에 마감을 위한 플러그 캡을 설치하는 구조이다. 이와 같은 기존의 분기티는 배관의 상단부에 설치되므로 배관의 매설심도를 유지하기가 어렵고, 개략도에서 보는 바와 같이 엘보우를 추가하여 사용하여야 한다.



(a) Conventional split tee.



(b) Schematic drawing.

Fig. 1. Conventional split tee and schematic drawing of installations.

3. 신규 분기티 시작품 제작

3.1. 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].

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

3.2. 시작품 구성

신규개발 분기티는 심레스 강관(seamless steel pipe), 오링(o-ring), 링 스프링(ring spring), 차단판(slucie plate)으로 구성되었으며, 설계개략도와 제작된 시작품을 Fig. 2에 제시하였다. Fig. 2(a)의 설계개략도에서 ①~④는 각각 분기티 몸체, 배출구, 링 스프링, 오링을 나타내며, 면접촉된 오링커플은 가스누출방지의 밀봉기능을 담당한다. Fig. 2(b)에서는 개발된 신규 분기티의 형상을 사진으로 보여주고 있는데, 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 높기 때문에 이를 방지하기 위하여 오링 외부에는 강제의 링 스프링을 부착하여 그루브 용접(groove weld)을 하였다.

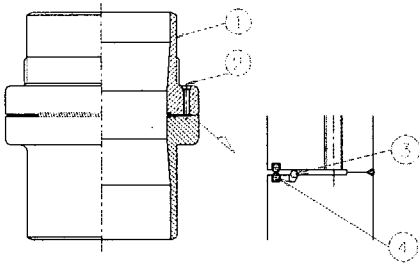
Table 1에는 신규 개발된 분기티 시작품의 부품별 사용재료를 제시하였다.

Table 1. Materials of developed split tee.

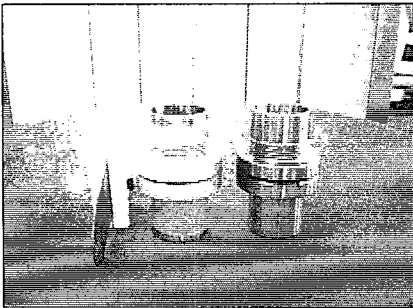
Components		Materials
Upper · Lower Body		Seamless steel pipe
O-ring		NBR
Ring spring		Steel wire
Slucie plate	Plate	STS 304
	Handle	ALDC 12

3.3. 시작품 특징

Fig. 3에서는 개발된 신규 분기티의 배관에 연결된 개략도를 보여주고 있다. 기존의 분기티가 배관의 상단면에 연결되는 방식인 반면에 새로이 개발된 분기티는 배관의 상단면 뿐만 아니라 배관의 측면에도 연결이 가능하다. 따라서 관계법령에서 규정하고 있는 배관의 매설 심도 유지가 가능할 뿐만 아니라 분기작업이 단순화됨에 따라 작업시간과 시공비용이 절약되며, 또한 용접부가 대폭 줄어들고, 제품이 소형화됨에 따른 현장 방식피복이 매우 용이하다.



(a) Schematic drawing



(b) Photograph

Fig. 2. Schematic drawing and photograph of developed split tee.

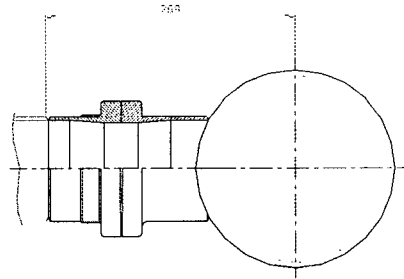


Fig. 3. Schematic drawing of installations with developed split tee.

4. 신규 분기티 시작품 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].

(1) 기밀시험: 분기티 시료를 밸브류내압시험기에 장착시킨 후 밸브를 서서히 열어 공기압을 11kg/cm²까지 가하여 5분 이상을 유지하며,

누출검지액을 도포하여 누출여부를 관찰한다.

(2) 내압시험: 분기티 시료를 밸브류내압시험기에 장착시킨 후 분기티 내부에 물을 채우고 압력을 15kg/cm²까지 서서히 올려 5분간 유지하며, 그루브와 몸체에서의 누출, 변형여부 등을 관찰한다.

(3) 차단판 밀폐시험: 분기티 시료를 밸브류내압시험기에 장착시킨 후 압력밸브를 서서히 열어 공기압이 11kg/cm²되었을 때 5분간 유지하여 누출여부를 관찰하며, 몸체 상단부에 연결된 고무튜브를 수조속에 담구어 차단판의 누출여부를 확인한다. 또한 차단판을 이탈시킨 다음에 누출여부를 관찰한다.

(4) 용접부 비파괴시험: 분기티 시료에 백색 페인트를 도포하여 자분탐상시험기에 장착시킨 후 분기티의 수평 및 수직방향에 대하여 자분을 분사하면서 그루브 용접부의 결함여부를 관찰한다.

(5) 용접부 굽힘시험: 분기티 굽힘시료를 재료시험기에 장착한 후 눌러 굽히는 방법으로 실시하며, 누름쇠는 15mm/min의 속도로 이동하면서 하중을 가하여 시료의 연신율이 30% 이상이 되도록 굽혀서 결점유무를 관찰한다.

(6) 내가스성시험: 오링 시료를 내가스성시험 장치의 이소옥탄액에 침지한 후 40~45℃ 온도에서 70시간 유지한 후 질량변화율을 다음 식에 의하여 산출하고 변형여부를 관찰한다.

$$\Delta M = \frac{M_a - M_b}{M_b} \times 100$$

여기서, M_b : 시험전의 질량(g)

M_a : 시험후의 질량(g)

ΔM : 질량변화율(%)

5. 성능평가 결과 및 고찰

5.1. 기밀시험

신규 분기티의 누출여부를 확인하고자 분기티 시료 5개에 대하여 밸브류내압시험기를 이용, 기밀시험을 실시하였다. 공기를 압력원으로 사용하였고, 압력유지 동안에 몸체와 그루브에 검지액을 도포하여 누출되는지를 확인하였다. 결과는 Table 2에 제시하였으며, 여기서 NL은 누출없음을 의미한다.

시험결과, 분기티 시료 5개 모두 최고사용압력의 1.1배인 압력 11kg/cm²에서 누출현상은 발생되지 않았다. 그루브와 몸체의 기밀성이 어느 정도까지 유지되는지를 알아보기 위하여 공기압력을 15kg/cm², 18kg/cm², 20kg/cm²으로 증가시켜 가면서 확인한 결과에서도 누출된 시료는 나타나지 않았다.

따라서 신규 분기티의 경우, 설계압력의 2배인 20kg/cm² 압력에서도 전혀 누출되지 않아 기밀성능이 양호한 것으로 생각된다. 향후 지속적인 품질관리가 이루어진다면 중압이하의 배관분기 연결재로서 적절할 것으로 판단된다.

Table 2. Tightness test results.

Sample	Test pressure(kg/cm ²)			
	11	15	18	20
#1	NL			
#2	NL			
#3	→	→	→	NL
#4	→	→	NL	
#5	→	NL		

5.2 내압시험

신규 분기티의 그루브와 몸체에 대한 내압강도를 확인하기 위하여 압력 15kg/cm²에서 시료 5개에 대한 내압시험을 실시하였다. 시험장비는 기밀시험시 사용한 밸브류내압시험기를 이용하였으며, 분기티 시료의 상·하단에 우레탄 원판을 장착하여 가압시 이부분에서의 누출을 방지하였다. Table 3의 시험결과를 보면, 그루브 오링부위나 몸체에서 물이 누출되거나 팽창 등의 변형현상은 발생되지 않았다. 기밀시험에서와 마찬가지로 어느 정도까지 내압강도를 유지하는지 알아보기 위하여 압력을 22kg/cm², 30kg/cm², 40kg/cm²까지 상승시켜 가면서 누출여부 및 변형을 확인한 결과에서 누출되거나 변형된 시료는 발생되지 않았다. Table 3에서 ND와 NL은 각각 변형없음과 누출없음을 각각 의미한다.

따라서 개발된 신규 분기티는 설계압력의 4배인 40kg/cm² 압력에서도 팽창되거나 누출되는 현상이 없어 매우 양호한 내압강도를 갖는 것으로 생각된다.

Table 3. Hydraulic test results.

Sample	Test pressure(kg/cm ²)			
	15	22	30	40
#1	ND,NL			
#2	→	ND,NL		
#3	→	→	ND,NL	
#4	→	→	ND,NL	
#5	→	→	→	ND,NL

5.3. 차단판 밀폐시험

분기티 시료 5개에 대한 차단판 밀폐시험을 밸브류내압시험기를 이용하여 실시한 결과, 분기티 시료 5개 모두 Table 4에서 보는 바와 같이 차단판이나 그루브 오링부위에서 누출현상은 없었다. 또한 공기압력을 상승시켜 20kg/cm²에서 시험한 결과에서도 누출은 발생되지 않았다. 이와 같은 시험결과로부터 분기티 차단판의 밀폐시험을 통하여 차단판 삽입 및 이탈의 기밀성은 양호하였으며, 설계압력의 2배인 20kg/cm²에서도 누출현상이 발생되지 않아 양호한 밀폐성능을 갖는 것으로 판단된다.

한편, 분기티에 압력이 공급된 상태하에서는 차단판을 삽입하거나 이탈시키기가 매우 어려웠다. 이것은 분기티 내부의 압력(약 4~5kg/cm² 이상)이 높기 때문이며, 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 차단판 삽입과 이탈 전용의 기구를 별도로 부착하는 방안을 제안하고자 한다. 또한 차단 작업전에 차단판에 적절한 윤활제(lubricant)를 삽입전 도포하여 박막(thin film)을 형성하면 현재보다 비교적 원활하게 이루어질 것으로 생각된다.

Table 4. Sealing test results.

Sample	Test pressure(kg/cm ²)			
	11	15	18	20
#1	NL			
#2	→	→	NL	
#3	→	→	→	NL
#4	→	NL		
#5	NL			

5.4. 비파괴시험

분기티의 그루브를 용접한 시료 5개에 대하여 자분탐상시험(magnetic particle testing)을 이용한 비파괴시험(nondestructive testing)을 실시하였다. 분기티 시료의 자화방법은 극간법,

자분(magnetic particles)의 적용은 습식법(wet method)에 의한 연속법으로 하였다. 분기티의 그루브 용접시료의 자분탐상시험기(magnetic particle testing)에 수평 및 수직으로 장착하여 연속적으로 결합여부를 관찰하였다.

Table 5에 제시된 시험결과를 보면, 분기티 시료 5개 모두 표면의 갈라짐에 의한 결합자분모양 및 결합에 의한 자분모양은 발생되지 않았다. 일부 분기티 그루브 용접부에 발생된 선형지시를 Fig. 4에서 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. Table 5에서 NA와 AC는 각각 비계측과 계측을 의미하고 있다.

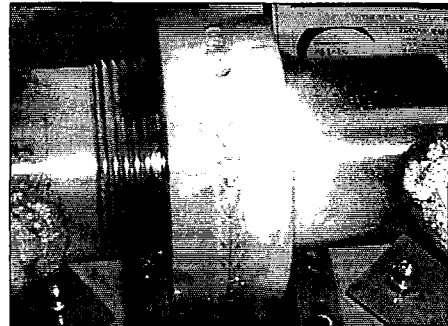


Fig. 4. Linear indication of developed split tee.

Table 5. Magnetic particle test results.

Sample	Surface clack	Linear defect	Circular defect	linear indication
#1	→	→	→	NA
#2	→	→	→	NA
#3	→	→	→	NA
#4	→	→	NA	AC
#5	→	→	→	NA

5.5. 굽힘시험

Tinius Olsen 재료시험기를 이용하여 채취된 분기티 시편 5개의 그루브 용접부에 대한 굽힘시험을 실시하였으며, 결과를 Table 6에 제시하였다. 여기서 NA는 계측되지 않았음을 나타낸다. Table 6의 결과에서 분기티 용접금속부에서 길이가 1.5mm를 초과하는 균열은 발생되지 않았고, 시편에 가해진 굽힘하중(bending

load)은 486~775kgf, 용입깊이(depth of weld penetration)는 2.39~2.73mm로 넓은 분포를 갖는 것으로 나타났다. 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 발생된 것으로 추측되며, 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 용접시 용접 전류, 용접열, 용접속도 등을 재검토하여 용접 성능을 높여야 할 것으로 판단된다.

Fig. 5에서는 분기티의 그루브 용접부의 단면형상을 보여주고 있는데, 굽힘시험을 하기전의 오링 커플이 상호 면접촉되어 변형된 형상과 그루브 용접후의 용입된 형상을 보여주고 있다.

Table 6. Bending test results.

Specimen	Clack length(mm)				bending load (kgf)	bending strength (kgf/mm ²)	depth of weld penetration (mm)
	1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0			
#1	NA	←	←	←	615	5.76	2.71
#2	NA	←	←	←	775	6.21	2.73
#3	NA	←	←	←	486	4.81	2.41
#4	NA	←	←	←	701	7.09	2.39
#5	NA	←	←	←	661	5.95	2.61

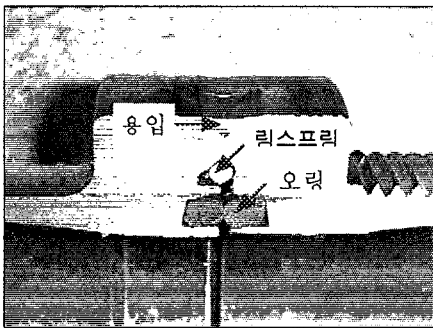


Fig. 5. Shape of section of developed split tee.

5.6 내가스성시험

분기티의 오링 시료 10개에 대한 내가스성시험을 실시하였고, 그 결과를 Table 7에 제시하였다. Table 7에서 M_b 는 시험전의 질량(g), M_a 는 시험후의 질량(g), M_d 는 시험전·후의 질량차(g), 그리고 ΔM 은 질량변화율(%)을 각각 의미한다. 이소옥탄액에 침지전·후의 질량

평균값은 각각 5.47g과 5.45g이었으며, 침지후에 약 0.02g이 감소한 것으로 나타났다. 측정된 오링의 질량으로부터 질량변화율을 산출한 결과를 보면, 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 침지전·후의 질량차가 매우 적게 나타났을 뿐만 아니라 침지후 오링을 관찰한 결과에서도 연화되거나 팽창 등의 이상현상이 발생되지 않은 점으로 미루어 볼 때 적절한 내가스성을 갖고 있는 것으로 평가된다.

Table 7. Compatibility test results.

Specimen	M_b	M_a	M_d	ΔM
#1	5.35	5.33	-0.02	-0.37
#2	5.49	5.46	-0.03	-0.55
#3	5.52	5.50	-0.02	-0.36
#4	5.42	5.40	-0.02	-0.37
#5	5.41	5.39	-0.02	-0.37
#6	5.68	5.67	-0.01	-0.18
#7	5.43	5.42	-0.01	-0.18
#8	5.51	5.48	-0.03	-0.54
#9	5.37	5.35	-0.02	-0.37
#10	5.53	5.50	-0.03	-0.54

6. 결 론

가스공급을 중단하지 않은 상태에서 강제 가스배관의 분기가 가능한 새로운 방식의 분기티를 개발하였으며, 개발된 신규 분기티의 시제품에 대한 기밀시험, 내압시험, 차단판 밀폐시험, 용접부 비파괴시험, 굽힘시험, 내가스성시험 등의 성능평가를 통하여 전반적으로 양호한 성능을 갖는 것으로 나타났다. 신규 분기티는 기존 분기티의 "T"형 구조와 달리 단순화한 "I"형 구조로서 작업시간의 단축, 시공비용의 절감, 그리고 제품의 소형화에 따른 피복방식 처리의 용이성 등 많은 기술적 및 경제적인 파급효과가 있을 것으로 기대된다. 특히 배관 측면에 대한 수평분기가 가능하여 기존 분기작업시 애로사항이었던 배관의 매설심도 유지문제가 해결될 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구결과는 향후 송유관, 열병합의 열수송관, 상수도관 등의 분기에도 적용할 수 있을

뿐만 아니라 폴리에틸렌관(polyethylene pipe) 전용의 분기티 개발에도 기술응용이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 한국가스안전공사, "고압가스통계" (2000).
2. 배관안전진단연구회, "배관안전진단WorkShop" (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).