

# 도시가스배관의 전기방식(희생양극)기술 동향

이종락, 조영도, 김지윤

한국가스안전공사 가스안전시험연구원

## Overview on Sacrificial Anode Techniques of Underground City Gas Pipelines

Jong-rark Lee, Young-Do Jo and Ji-Yoon Kim

*Institute of Gas Safety Tech., Korea Gas Safety Corp., 332-1, Daeya-dong, Shihung, Kyunggi 429-712, Korea*

### 1. 서론

가스배관 등의 지하매설배관의 전기방식을 위한 방식시설물의 부식 등에 의한 사고는 가스누출 등의 원인이 될 뿐만 아니라 가스배관의 수명을 단축하게 된다. 이러한 사고를 방지하기 위하여 여러 기준에 의하여 사용배관에 피복, 전기방식 및 절연 등을 실시하고 있다.

지하매설배관에 대한 전기방식기술은 설계, 시공, 유지, 보수, 진단 등의 분야로 나눌 수 있으며, 전기방식시설을 설치할 경우, 이들 분야를 종합적으로 고려하여야 한다. 그러나 국내도시가스사의 경우, 전기방식기술은 아직까지 선진국기술에 도달하지 않고 있으며, 기술기준도 표준화되어 있지 않고 제각기 다른 형태로 설계, 시공 등을 하고 있다. 예를 들면 마그네슘 희생양극의 경우, 수명을 30년 이상으로 예상하여 설계와 시공을 하고 있지만 짧은 시기에 양극수명 혹은 효율이 저하되는 경우가 발생하고 있어 이에 대한 대비책을 마련할 필요성 있다.

본 연구에서는 국내도시가스사의 전기방식 시설이력, 시설현황 및 최근 5년간의 전기방식관련 사고 예 및 대책에 관하여 고찰하였다. 그리고 희생양극법에 사용하는 마그네슘양극 적용현황에 대하여도 국내 양극 제조사, 회사별 사용 종류 및 표준시방서 등에 대하여 비교분석을 행하여 전기방식에 대한 기술 향상을 도모함과 아울러 가스배관의 안정성을 확보하고자 한다.

### 2. 가스사별 전기방식 및 시설 현황

#### 2.1 국내 전기방식 시설이력

##### 1) 제1기(90년 이전)

사업자에 따라 전기방식기준 제정이전부터 방식조치를 실시한 경우도 있었지만, '87년 기준제정(배관의 전기방식조치 기준)이후 본격적으로 전기방식이 방전하게 되었다. 초기에 도시가스사 90%이상이 희생양극법에 대한 전기방식을 적용하였으며, 사업자 및 실무자들이 전기방식에 대한 정확한 개념 및 기술적인 지식이 없이 규정에 의한 의무사항으로 인식된 상태로 방식시설 설치에 따

른 적합한 감독기능이 부족한 시기이었다.

2) 제2기('91 ~ '95)

배관증가에 따른 전기방식시설증대와 전기방식의 중요성에 대하여 사업자와 실무자에게 인식되기 시작하였으며, 이 즈음 전기방식분야에 대한 기술습득 및 유지관리방법, 전문인력 확보 등을 검토하게 되었다.

초기에 회생양극에 의하여 방식되고 있던 배관이 주변환경의 변화(전기철도 등)에 따라 방식상태가 악화되는 부분이 발생하여 외부전원법이 도입 활성화되었으며, 배류법이 적용하기 시작하였다.

3) 제3기('96년 이후)

미방식상태로 있던 배관의 전기방식조치와 전기철도 증가, 회생양극구간의 방식상태의 악화에 따른 외부전원법 및 배류법의 적용이 급격히 증가하게 되었으며, 전기철도의 누설전류 및 타시설물에 의한 가스배관의 간섭피해를 고려하기 시작하였다.

2.2 시설현황

가스배관의 방식시설현황을 살펴보면, '99년 기준으로 국내 가스사들은 본관 및 공급관을 포함하여 전체 13,445km에 걸쳐 전기방식을 실시하고 있다. 방식방법별 배관길이는 회생양극법이 8,983km, 외부전원법이 3,704km, 배류법이 758km로 점유율은 각각 66.8%, 27.5% 및 5.7%를 차지하고 있으며, 회생양극법에 의한 전기방식비중이 매우 높다.

[표 1] 가스사별 방식배관 길이 (1999년기준, 단위:km)

	방식배관		방식방법별		
	본관	공급관	회생양극	외부전원	배류법
도시가스사	5,488	6,475	8,983	2,329	651
가스공사	1,482		-	1,375	107
합 계	13,445		8,983	3,704	758
비율(%)	-		66.8	27.5	5.7

3. 도시가스배관의 사고분석

3.1 최근 5년간 부식에 의한 도시가스배관 손상 사고

최근 5년간(1995년1월 ~ 2000년6월)부식에 의한 도시가스배관 손상에 대하여 연도별 발생건수를 [표 2]에, 주요 부식사고 일람표를 [표 3]에 나타내었다.

[표 2] 도시가스배관 손상 사고

년도	'95	'96	'97	'98	'99	2000	계
전체도시가스사고	112	92	137	84	26	14	465
부식사고	21	14	5	4	1	1	46
점유율	18.8	15.2	3.6	4.8	3.8	7.1	9.9

부식에 의한 발생건수는 총 46건으로 전체가스사고의 약 10%를 차지하고 있다. 그리고 연도별 손상건수는 감소되는 경향을 보이고 있으며, 최근에는 시설 열화 등에 의한 원인보다는 타원인(타시설물의 간섭, 지하철의 누설전류 등)에 의한 배관손상 및 성능이 저하하는 것으로 나타났다.

[표 3] 도시가스배관의 주요 부식사고 일람표

No	일시	사용처	사 고 개 요
1	95.05	공급시설 취급부주의	지하매설된 80A공급관에서 20A로 분기된 배관에서 부식으로 발생한 0.7cm정도의 구멍에서 누설됨.
2	95.06	공급설비 취급부주의	사고장소에서 배관이 누수되어 지반이 약화되면서 침하되어 가스 배관의 용접부에 균열이 발생하여 가스가 누설된 사고
3	95.06	공급설비 시설미비	상수도 말단부를 막음조치한 플러그(13A)가 부식에 의해 이탈되어 누수되어 수압과 모래가 가스배관(80)을 부식시켜 배관으로 물이 유입되어 인근 가구에 가스공급이 중단된 사고임.
4	95.10	정압기 시설미비	빌딩내 단독사용자에게 가스를 공급하는 정압기실(지상)의 인입부 배관에 부식에 의한 직경 2mm의 구멍이 생겨 가스가 누출된 사고
5	96.03	백화점 시설미비	4층상가 건물에 인입되는 도시가스 노출배관(SPP 흑관, 32A)의 곡관부 용접부에서 부식으로 인한 가스가 누출
6	96.03	공급시설 시설미비	도시가스 지하매몰 중압배관의 보호관과 한전 지중선(220V)이 이격거리없이 설치되어 보호관과 지중선의 접촉부 피복손상으로 전류가 보호관으로 흐르면서 보호관과 가스배관이 용융되어 중압배관에 구멍(약 10mm)이 발생하여 가스가 누출됨
7	96.04	공급시설 시설미비	건물앞 동지관(PLP 100A)에서 입상분기점(PLP 40A)의 테핑부분에서 국부부식으로 2개소(30mm×10mm직선형, 20mm×20mm원형)의 구멍이 생겨 가스 누출
8	96.04	공급시설 시설미비	매물배관에 전기부식으로 인하여 발생한 10mm크기의 구멍을 보수하지 않고 비닐장판 조각에 접촉제로 붙인후 되메우기를 하여 가스가 누출된 사고임.
9	96.05	공급시설 시설미비	도시가스 분기관 “T”용접부에서 노후로 인한 핀홀부식이 발생하여 미량의 가스가 누출된 사고
10	96.07	공급설비 시설미비	가로등 공사를 하면서 가로등앞 접지봉 끝부분을 가스배관 상부에 접하도록 설치하였으며 장마때 발생한 낙뢰 또는 순간적으로 발생한 과전류에 의해서 배관과의 접촉부에 아크가 발생하여 배관에 구멍이 생겨 가스가 누출된 사고
11	98.09	공급시설 시설미비	단독주택에 공급되는 가스배관(32A, PLP)의 용접부의 방식코팅부분에 전기부식으로 인하여 자름 약 2~3mm의 핀홀 2개소가 발생하여 가스가 누출된 사고임.
12	99.01	공급시설 시설미비	아스팔트코팅된 도시가스배관이 하수관을 관통하여 설치되어 있었으며 배관에 부식이 발생, 구멍이 생기면서 가스가 누출
13	00.05	공급시설	도로옆 도시가스밸브위에 차량지지대를 설치하고 도로표지판공사를 하던중 크레인 선단이 고압전선을 손상시켜 고압전선에서 유출된 전류(22,900V)가 도시가스 밸브박스로 유입, 가스배관(중압, PLP관)을 손상시켜 약 8mm의 집중부식이 발생나 가스가 누출

#### 4. 마그네슘희생양극 적용 현황

##### 4.1 도시가스사별 Mg양극 사용종류

국내에서 유통되고 있는 Mg양극의 종류는 약 8종으로, [표 4]에 나타낸 것처럼 국내 도시가스사들은 국산 및 외국사의 여러 가지 제품을 다양한 형태로 시공하고 있으며 이중에 저품질의 양극을 사용하고 있는 경우와 시공불량 등의 원인으로 양극의 성능을 저하시키는 경우가 있다.

[표 4] 회사별 양극 사용 종류

회사명	양극Maker	사용양극	시공방식
A사	Galvomag	17/9 Lb	Mg 자재지급
B사	중국, 두원	9 Lb	Mg 자재도급
C사	Mel	17 Lb	Mg 자재지급
D사	중국	17/9 Lb	Mg 자재도급
E사	Mel	17 Lb	Mg 자재지급
F사	중국, 삼환	9 Lb	Mg 자재지급

##### 4.2 희생양극 소모사례

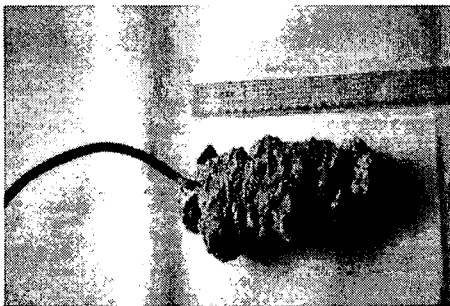
###### 《사례 1》

###### 1) 주변환경

배관(저압 PLP80A 분기배관), 환경(토양비저항:8,800Ω·cm, 방식전위:-1,300 mV, 간접시설물(상수도 100A와 30cm, 하수도 맨홀과 30cm정도 이격)

###### 2) 양극환경

양극규격(Mg-Anode 9lb), 설치년도(1991년, 9년경과)



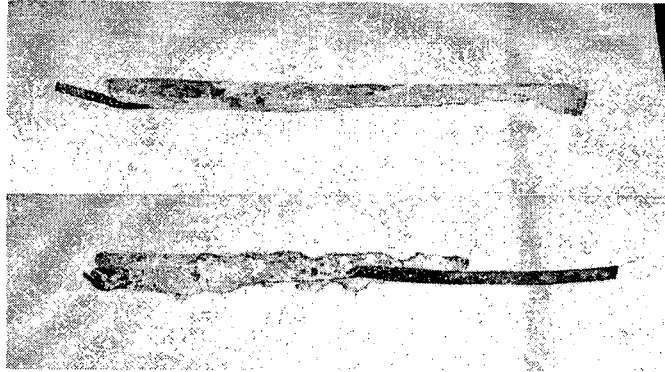
###### 《사례 2》

###### 1) 주변환경

배관(저압 PLP100A), 방식전위(-567mV), 간접시설물(없음)

###### 2) 양극환경

양극규격(Mg-Anode 9lb), 설치년도(1991년, 9년경과)



## 5 국내도시가스사의 전기방식(희생양극)시방서 비교 검토

### 5.1 희생양극 설계기준 비교

마그네슘양극은 주로 17Lb, 9Lb를, 수명은 30년, 도장손상율은 2%, 소요전류밀도는 토양비저항을 고려하지 않고 5~10 (mA/m<sup>2</sup>)의 값을 취하는 있으며, 안전율은 10%정도로 고려하여 설계하고 있다.

[표 5] 설계기준

구분	A사	C사	E사
Mg양극(lb)	17, 9	17	17
수명[년]	30	30	30
방식전위[mV]	-850	-850	-850
도장손상율	2	2	2
소요전류밀도 (mA/m <sup>2</sup> )	10	5~10	5~10
안전율(%)	10	10(본관), 20(공급관)	10

### 5.2 마그네슘양극기준 비교

주요 검사항목으로는 성분, 효율, 개로전위, 칫수 등을 공통적으로 검사하고 있으며, 개로전위는 -1.55V와 -1.67V, 양극효율은 50%로, 성분은 구체적으로 정한 회사도 있었다.

[표 6] Mg기준

구분	A사	C사	E사
검사항목	성분, 효율, 개로전위, 육안, 칫수, 중량	성분, 효율, 개로전위, 외관, 칫수	성분, 효율, 개로전위, 칫수
전위[V]	-1.55	-1.67	-1.67
효율[%]	50	50	50
core	철심, 아연도금	철심, 아연도금	철심, 아연도금
성분	(1)참조	-	-
비고	(1) Al:0.01%, Mn:0.5~1.3%, Fe:0.03%, Ni:0.001%, Cu:0.02%, Mg:잔량		

### 5.3 마그네슘 설치기준

#### 5.3.1 양극매설위치

양극매설위치는 도면에 표기하되, 가스관계법의 전기방식 조치기준에 적합한 위치이어야 하며 가스배관에서 30cm이상 거리를 유지한다.

#### 5.3.2 양극배분

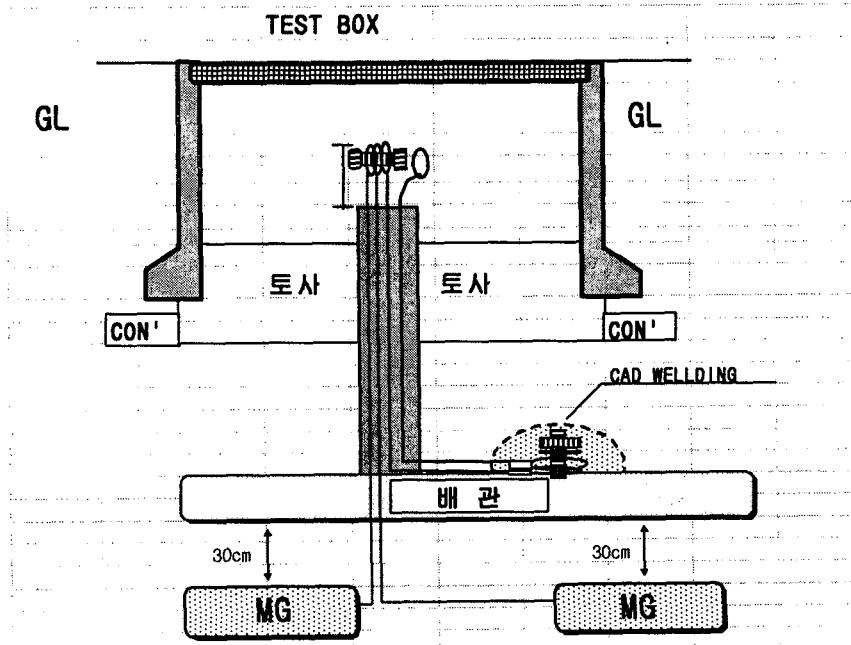
양극의 배분은 분산식을 원칙으로 하며 하천하월, 토양비저항이 낮은 장소, 산성 또는 혐기성인 토양 등에는 집중식으로 설계한다.

#### 5.3.3 측정함(T/B) 및 희생양극 설치방법

측정함 설치방법으로는 S type, T type, S/T type 및 D/T type등이 있고, 희생양극 설치방법에는 A type 및 B type이 있지만, 이들에 대한 표준적인 설치는 [그림 1]에 의한다.

[표 7] Mg설치기준

구분	A사	C사	D사	E사
배관이격	30cm	30cm, 20cm	30cm, 30cm	30cm
bonding point	연결부에서 1m 이격	이음부주위 설치	-	이음부주위 설치
배관과의 연결	-	-	측정함	-



[그림 1] 표준적인 마그네슘 설치방법

## 5.4 제조사별 성분분석

### 5.4.1 화학성분 분석 결과

양극의 화학성분분석결과 제조사별 화학성분은 거의 유사하였으며, ASTM기준을 초과하지는 않는 것으로 나타났다.

### 5.2.2 성능분석 결과 (ASTM G97시험법)

이상적인 회생양극 성능기준은 효율이 50~55%, 전류발생량은 500~550Ah/1이다. [표 9]에 나타낸 것처럼 성능분석 결과(ASTM G97시험법)를 살펴보면, 개로전위의 경우는 -1,624mV~-1,790mV로 양호하였으며, 발생전류량은 제조사 일부를 제외하고 이상적인 기준에 미달하고 있으며, 효율은 일부 제조사를 제외하고 거의 50%정도를 보이고 있음을 알 수 있다. 발생전류량의 경우, 개로전위 및 효율에 대한 상관관계를 정확히 발견할 수 없었으며, 이들 관계가 불균일할 경우 지하매설환경에 영향을 받을 수 있을 것으로 추측된다.

[표 9] 성능분석 결과 (ASTM G97시험법)

구분	일자	제조사	Mn	Fe	N	개로전위(mV)	발생전류량(Ah/lb)	효율
시험1	98/4/20	A	-	-	-	-1776	519	52.3%
"	98/5/8	"	0.9	0.0169	0.0005	-1765	513	51.4%
"	98/6/9	"	1.14	0.0213	0.0004	-1737	509	52.1%
"	96/9/18	B	0.95	0.0023	0.0008	-1624	-	11.2%
"	98/1/27	"	0.94	0.0048	0.0005	-1635	-	17.6%
"	98/5/26	C	0.78	0.0034	0.0003	-1705	324	32.5%
"	"	"	1.06	0.0023	0.0003	-1718	399	40.0%
"	98/7/15	D	1.03	0.0014	0.0008	-1766	498	50.9%
"	"	"	1.21	0.0018	0.0003	-1772	525	53.8%
"	98/7/29	E	-	-	-	-1728	488	49.8%
"	"	"	-	-	-	-1728	481	49.1%
"	98/10/1	F	0.52	0.004	0.0004	-1790	450	49.9%
"	98/12/7	"	-	-	-	-1734	497	49.8%
시험2	97/6/1	G	0.75	0.0015	0.0001	-	315	-
"	97/6/2	"	1.6	0.0032	0.001	-	419	-
"	97/6/3	"	0.77	0.004	0.0001	-	133	-

## 6. 결론

- 1) 최근 매설도시가스배관의 사용환경은 악화되고 있지만, 전기방식기술은 이에 충분하게 대응하지 못하고 있는 실정이다. 최근의 부식관련 가스사고의 대부분이 지하철 누설전류, 타시설물의 간섭 등에 의하여 발생하는 경우가 많다.
- 2) 각 도시가스사는 전기방식을 실시할 경우 각기 다른 기준에 의해 설계 및 시공을 행하고 있어 가스배관의 안전성 확보를 위하여 전기방식관련 기술기준의 표준화가 필요하다.
- 3) 회생양극법에 이용되고 있는 자재인 마그네슘양극은 설계수명보다 성능이 저하하는 사례가 발생하고 있으며, 이의 원인으로서는 회생양극 자재의 저품질 유

통, 철저히 하지 않은 자재 검수 및 자재관리 등으로 판단된다. 마그네슘양극의 안정성을 확보하기 위해서는 다음과 같은 대책이 요구된다.

- 자재 검수 및 관리 철저
- 전기방식 설계 및 시공관리 철저
- 양극성능기준에 대한 명문화 필요

### 참고문헌

1. 한국가스공사, 가스배관의 부식사례수집 및 전기방식관리지침개발, 98-DB-SA-기타-284-12(1999)
2. 이종락 외 5명, 가스배관의 부식사고 사례분석, 부식과 방식, Vol.2, No.1(2000)
3. 한국가스안전공사, 전기방식해설집(1999)
4. 성준식, 마그네슘양극재료의 적용 현황, 가스안전, Vol.26, No.3(2000)
5. 전경수 등, 매설배관의 전기방식기술 개발 및 적용 현황, 한국부식학회 춘계학술발표회논문 초록집, p.39 (2000.5)
6. ASTM G97, Standard Test Method of Laboratory Evaluation of Magnesium Sacrificial Anode Test Specimen for Underground Applications (1989)