

KOSHA CODE

D - 35 - 2004

진한황산 및 발연황산 저장탱크의
공정설계지침

2004. 10.

한 국 산 업 안 전 보 건 공 단

코드개요

○ 작성자 : 김재현

○ 제정경과

- 1999년 7월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 1999년 8월 총괄기준제정위원회 심의
- 2004년 7월 KOSHA Code 화학안전분야 제정위원회 심의
- 2004년 9월 KOSHA Code 총괄제정위원회 심의

○ 관련규격

- NACE RP0294-94 : Design, Fabrication, and Inspection of Tanks for the Storage of Concentrated Sulfuric Acid and Oleum at Ambient Temperatures

○ 관련 법규·규칙·고시 등

- 산업안전기준에관한규칙 제254조(위험물질 등의 제조 등 작업시의 조치) 및 제283조(부식방지)

○ 코드적용 및 문의

이 코드에 대한 문의는 한국산업안전보건공단 중대산업사고예방실
(TEL 032-5100-682, FAX 032-512-8315)로 연락하여 주십시오.

공표일자 : 2004년 10월 15일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

KOSHA CODE
D - 35 - 2004

진한황산 및 발연황산 저장탱크의 공정설계지침

1. 목적

이 지침은 산업안전기준에관한규칙(이하 “안전규칙”이라 한다) 제254조(위험물질 등의 제조 등 작업시의 조치) 및 제283조(부식방지)의 규정에 의하여 부식성물질인 진한황산 및 발연황산을 액체상태로 저장하는 상압저장탱크의 공정설계에 필요한 사항을 정하여 황산저장탱크에서의 다양한 형태의 부식으로 인한 폭발 및 부식성물질의 누출예방을 위한 기술지침을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 안전규칙 별표 1(위험물질의 종류) 제6호의 부식성물질중 온도 40 ℃ 이하의 진한황산 및 발연황산을 저장하는 금속재질로 제작된 상압저장탱크에 적용하며 탱크내부를 라이닝(Lining) 처리한 경우에는 적용하지 아니한다.

3. 용어의 정의

- (1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.
 - (가) “진한황산”이라 함은 농도 70 % 이상의 황산을 말한다.
 - (나) “발연황산(Oleum)”이라 함은 무수황산에 삼산화황이 추가로 용해되어 있는 황산을 말한다.
 - (다) “수소취성”이라 함은 탄소강이 수소에 의하여 부풀음(Blistering) 또는 물러짐(Embrittlement)등의 현상이 일어나는 것을 말한다.
 - (라) “킬드강(Killed carbon steel)”이라 함은 실리콘이나 알루미늄 등으로 산소를 완전히 제거(Deoxidation)시킨 탄소강을 말한다.

KOSHA CODE
D - 35 - 2004

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 동법 시행령, 안전규칙 및 고시에서 정하는 바에 따른다.

4. 설계

4.1 설계기준

- (1) 진한황산 및 발연황산 저장탱크의 설계압력 및 온도는 KOSHA Code D-31-1998 “상압저장탱크의 공정설계 기술지침”에 따른다.
- (2) 황산저장탱크의 옆판의 최소 두께를 계산할 때에는 황산의 비중을 2로 적용한다.

4.2 재질

- (1) 황산저장탱크 및 그 부속설비의 재질로는, 가장 낮은 사용온도에서 충분한 노치 충격강도(Notch impact strength)를 갖고 있는 킬드강 이상의 재질을 사용하는 것이 좋다. 다만, 탄소강 재질은 농도 80~88 % 및 99.5~100.5 % 사이의 황산저장탱크 재질로 적절하지 않으므로 <표 1>을 참고하여 합금강 재질을 선정하며, 재질번호에 따른 재질의 명칭 및 그 조성은 <부록>과 같다.
- (2) 탄소강 또는 저합금강 재질을 사용하는 경우에는 수소취성의 위험이 있기 때문에 최대 인장강도가 620 MPa(6326 kgf/cm²)을 초과하는 재질을 사용하여서는 아니 된다.
- (3) 탄소강 재질 또는 합금강 재질의 용접부위의 경도는 약 240 브리넬 정도 이하로 유지하여야 한다. 다만, 브리넬 경도가 240을 초과하는 경우에는 용접부위를 후 열 처리하여 용접부위 경도를 240 이하로 유지하여야 한다.

KOSHA CODE
D - 35 - 2004

<표 1> 황산농도별 합금강 재질 선택기준 ^{주1)}

일반명칭(재질 번호) ^{주2)}	황산의 농도(%)
합금강 254 SMO(S31254), 합금강 C 276(N10276), 합금강 AL-6XN(N08367), 합금강 20 Mo-4(N08024) 합금강 20 Mo-6(N08026), 합금강 825(N08825), 합금강 28(N08028), 합금강 904L(N08904), 합금강 C-22(N06022), 합금강 G-30(N06030), 합금강 C-4(N06455), 합금강 1925 hMo(N08926), 합금강 625(N06625), 합금강 G-3(N06985), 합금강 20 Cb-3, 합금강 20(N08020), 합금강 925(N09925), 합금강 59(N06059)	70 ~ 100.5 ^{주3)}
SUS 316(S31600), SUS 316L(S31603)	90 ~ 100.5
SUS 304(S30400), SUS 304L(S30403)	93 ~ 100.5

주1) 온도 40 °C 이하의 진한황산 및 발연황산 저장탱크에 적용

주2) 괄호안의 재질번호는 UNS(Unified numbering system for metal and alloys) 번호를 의미함

주3) 황산농도 100.5%는 2%의 발연황산으로, 황산과 발연황산의 농도는 다음과 같은 관계식으로 환산함.

$$Y = 100 + 0.225X \quad (Y : \text{황산농도}, X : \text{발연황산 농도})$$

- (4) 발연황산과 회주철(Gray cast iron)이 접촉하게 되면 균열이 발생하므로 발연황산을 저장 또는 취급하는 기기의 재질로 회주철을 사용하여서는 아니된다.
- (5) 탄소강은 농도가 70% 이하인 황산과 접촉하면 심하게 부식되고 수소가 발생되므로 진한황산저장탱크에 물이 들어가지 않도록 하여야 한다.
- (6) 황산저장탱크 및 그 부속설비에서 철 성분에 의한 오염이 문제되는 경우에는 황산저장탱크 내부에 적절한 재질로 피복하여 사용한다.
- (7) 농도 93~98 %의 황산저장탱크에는 양극부식을 적용하여 탄소강 재질의 부식속도를 줄일 수 있다.
- (8) 가스켓 재질로는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 또는 불소 성분이 함유된 고무수지를 사용한다.

KOSHA CODE
D - 35 - 2004

4.3 부식 여유

탄소강 재질을 사용하는 경우에는 <표 2>의 부식여유를 고려하여 제작하는 것이 좋다. 다만, 폐놀수지 등 내피복을 한 경우는 그러지 아니한다.

<표 2> 탄소강 재질의 부식여유

황산분류	부식 여유(mm)
진한황산	6.0
발연황산	3.0

4.4 내부 부식

- (1) 진한황산은 대기중의 수분을 흡수하거나, 빗물이 탱크안으로 침투하거나 탱크내 부 청소를 잘못하여 묽은황산으로 희석되면 탄소강 재질의 부식을 촉진시킨다. 따라서 황산저장탱크의 통기설비 기능을 향상시켜 수분의 유입을 차단 되도록 한다.
- (2) 용접이 불량한 경우에는 용접 부위에서 부식이 발생하며, 이런 부식부위를 통하여 황산과 습기가 접촉하여 내부 부식이 진행된다.
- (3) 철판의 밀 스케일(Mill scale)은 부식을 촉진시키므로 황산과 접촉하기 전에 밀 스케일을 제거한다.
- (4) 지붕에 설치된 수평 맨홀 및 노즐, 탱크 상부, 탱크 내부의 기울어진 면, 기울기가 있는 배관 등에서는 수소취성에 의한 부풀음 현상이 발생할 수 있다.
- (5) 황산저장탱크의 인입 및 출구 측 부위에서는 침식 및 부식이 발생할 수 있다.

4.5 외부부식

- (1) 보온 처리된 황산저장탱크는 수분의 침투로 인하여 보온재 밀 부분에서 부식이 발생한다.

KOSHA CODE
D - 35 - 2004

(2) 보온재 지지링, 노즐, 맨홀, 지붕과 옆판의 용접 부위, 지붕 및 옆판의 부속물들은 보온재 밑 부분에서의 부식이 심하다.

5. 탱크 설계

5.1 인입 노즐

- (1) 황산저장탱크의 상부에 인입 노즐을 설치하는 경우에는 <그림 1>과 같이 탱크 안으로 최소한 15 cm 들어가도록 설치한다.
- (2) 황산저장탱크의 상부에 인입 노즐을 설치하는 경우에는 지붕 중앙가까이 설치하여 양 옆판의 부식을 최소화한다.
- (3) 황산저장탱크의 지붕 중앙 가까이 인입 노즐을 설치할 수 없는 경우에는 <그림 2>와 같이 인입 노즐을 가급적 옆판으로부터 멀리 설치하고 탱크 밑판의 웨어 플레이트(Wear plate)로부터 60 cm 까지 인입 배관이 내려오도록 하며(<그림 3> 참조) 사이폰 방지를 위한 설비를 설치한다.

5.2 출구 노즐

- (1) 황산저장탱크의 출구 노즐은 탱크의 옆판 또는 밑판에 설치한다.
- (2) 황산저장탱크의 출구 노즐에 연결된 출구 배관에는 탱크 가까이 출구 밸브를 설치한다.
- (3) 출구 밸브 전에 엘보우를 설치하는 경우에는 곡률 반경이 큰 것을 사용한다. 이 경우 엘보우의 두께는 출구 밸브 후단에 설치한 배관의 두께보다 3mm 더 두꺼운 것을 사용하는 것이 좋다.

5.3 통기설비

- (1) 황산저장탱크의 통기설비는 탱크의 최상부에 설치하여 수소가 탱크내에 갇혀 있지 않도록 한다.

KOSHA CODE
D - 35 - 2004

(2) 통기설비는 수분의 유입이 최소화되도록 설계하여야 하며, 필요한 경우 황산저장 탱크에 질소 봉입 시설을 설치하거나 또는 황산저장탱크의 대기 벤트 배관에 탈 습제(데시칸트)를 설치한다.

5.4 맨홀 및 노즐

- (1) 황산저장탱크에 접근이 용이하도록 맨홀을 설치한다.
- (2) 노즐이 옆판에 설치되어 있는 경우에는 수소 부풀음 현상을 방지할 수 있도록 노즐의 도출 부위를 <그림 3> 및 <그림 4>와 같이 황산에 견딜 수 있는 재질 (<표 1> 황산농도별 합금강 재질 선택기준 참조)을 사용하여 상부 180° 또는 360° 돌아가면서 탱크 옆판 보다 25 mm 탱크 안쪽으로 들어가도록 내피복 하거나 또는 크래딩 재질을 사용한다.

5.5 웨어 플레이트

고정식지붕탱크인 경우, 인입 및 출구 배관 바로 밑 부분의 탱크밑판에 웨어 플레이트를 밀폐(Seal) 용접한다(<그림 2> 및 <그림 3> 참조).

5.6 탱크의 지붕

- (1) 황산저장탱크의 지붕은 자체적으로 지지될 수 있어야 하며 지붕의 지지 거더는 외부에 설치하여야 한다. 다만, 탱크의 지름이 큰 경우에는 내부 지지대를 사용할 수 있다.
- (2) 황산저장탱크의 옆판과 지붕을 용접하는 경우에는 지붕이 이탈되기 쉽도록 <그림 5>와 같이 완전하게 용접하지 않는다.

5.7 가열설비

농도에 따른 황산의 어는점(<그림 6> 참조)을 고려하여 필요한 경우 적절한 가열설비를 설치한다.

KOSHA CODE
D - 35 - 2004

5.8 액면계측장치

- (1) 황산저장탱크에는 관형유리액면계(Tubular gage glasses)를 제외한 차압(Differential pressure)식 액면계, 초음파(Sonar)식 액면계, 방사선(Radiation)식 액면계, 정전용량 (Capacitance)식 액면계 또는 부유(Float)식 액면계를 설치한다.
- (2) 황산과 접촉하는 부위에는 316 스테인레스스틸, 합금강 20(Alloy 20) 또는 폴리테트라플루오로에틸렌 내피복 재료의 액면계를 사용한다.

5.9 배관 및 밸브

- (1) 황산배관 재료는 황산의 유속과 농도에 따라 달라진다. 일반적으로 상온에서 황산 배관의 설계 유속 기준은 다음과 같다.
 - (가) 탄소강 : 0.3~0.9 m/s
 - (나) 304 및 304L 스테인레스스틸 : 0~1.8 m/s
 - (다) 316 및 316L 스테인레스스틸 : 0~2.4 m/s
 - (라) 합금강(Alloy) 20 : 0~6.0 m/s
 - (마) 폴리테트라플루오로에틸렌 내피복배관 : 0~15.0 m/s
- (2) 농도 70% 이상인 황산취급 배관에는 일반적으로 합금강 20(Alloy 20) 재료의 플러그(Plug) 밸브 또는 볼(Ball) 밸브를 사용한다.

6. 제작 및 설치

6.1 탱크 밀관 두께

탄소강 재료의 탱크 밀관 최소 두께는 13 mm 로 한다.

6.2 용접

- (1) 모든 노즐 및 맨홀의 용접은 완전 용입 되도록 용접하여야 하며 탱크의 내부 및 외부에서 양면 용접하여야 한다.

KOSHA CODE
D - 35 - 2004

- (2) 모든 맞대기 용접은 철판의 두께에 따라 완전히 용입 되도록 하여야 한다. 가능하면 이중 맞대기 용접을 한다.
- (3) 탱크의 밑판은 맞대기 용접을 한다. 겹치기 용접은 탱크 밑판의 제작에 적용해서는 아니된다.
- (4) 탱크의 지붕은 맞대기 용접 또는 겹치기 용접을 한다.
- (5) 탱크의 밑판과 옆판은 완전 용입 되도록 용접하며 작은 보강판을 사용하여 양쪽에서 용접한다.

6.3 비파괴검사

모든 용접부위에 대하여 비파괴 검사를 실시한다.

7. 방유제

- (1) 황산저장탱크에는 KOSHA Code D-1-2001 “방유제 설치에 관한 기술지침”에 따라 방유제를 설치한다.
- (2) 방유제 내부는 내산 처리한다.
- (3) 펌프 주위에는 소량의 황산이 누출되더라도 주변으로 확산되는 것을 방지할 수 있도록 내산 처리된 확산 방지턱을 설치하고 그 내부는 내산 처리한다.
- (4) 방유제 내에는 배수 펌프를 설치하여 방유제 내의 우수를 처리할 수 있어야 한다.

8. 세안·세척 시설 및 보호구 비치

- (1) 황산저장탱크 주위에는 세안 및 세척 시설을 설치한다.
- (2) 세안 및 세척에 사용된 물이 황산 저장탱크로 향하지 않도록 한다.
- (3) 황산저장탱크 주위에는 적절한 개인 보호구를 비치한다.

KOSHA CODE
D - 35 - 2004

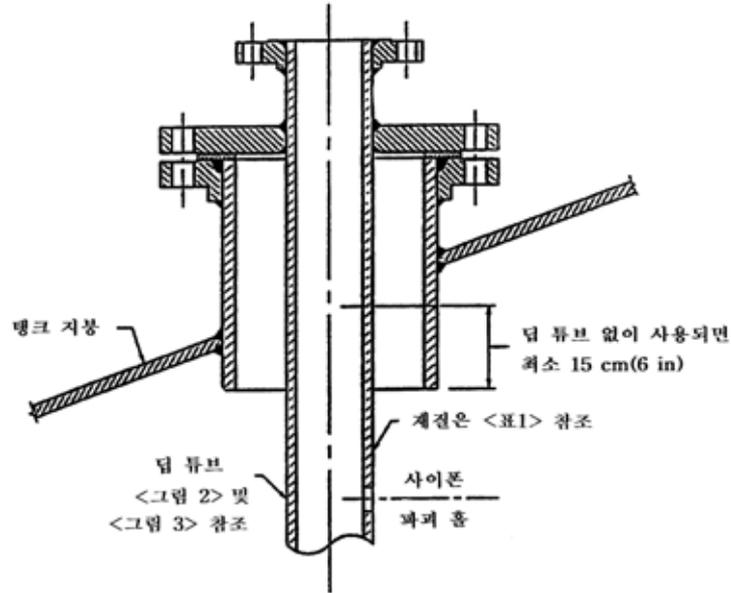
<부록> 재질번호에 따른 재질의 명칭 및 그 조성

재질번호 (UNS No.)	화 학 성 분								일 반 명
	C	Cr	Cb+Ta	Cu	Fe	Mo	Ni	기 타	
N10276	최대 0.02	14.5-16.5			4.0-7.0	15.0-17.0	rem	Co 2.5 W 3.0-4.5	Alloy C 276
N08825	최대 0.05	19.5-23.5		1.5-3.0	rem	2.5-3.5	38.0-46.0	Al 0.2 Ti 0.6-1.2	Alloy 825
N08028	최대 0.03	26.0-28.0		0.6-1.4	rem	3.0-4.0	29.5-32.5		Alloy 28
N08904	최대 0.020	19.0-23.0		1.0-2.0	rem	4.0-5.0	23.0-28.0		Alloy 904L
N06022	최대 0.015	20.0-22.5			2.0-6.0	12.5-14.5	rem	Co 2.5 W 2.5-3.5	Alloy C-22
N06030	최대 0.03	28.0-31.5		1.0-2.4	13.0-17.0	4.0-6.0	rem	Co 0.30-1.5 W 1.5-4.0	Alloy G-30
N06455	최대 0.015	14.0-18.0			3.0 최대	14.0-17.0	rem	Co 2.0	Alloy C-4
N08926	최대 0.020	19.0-21.0		0.50-1.50	rem	6.0-7.0	24.0-26.0	N 0.15-0.25	Alloy 1925 hMo
N06625	최대 0.10	20.0-23.0	3.15-4.15		5.0 최대	8.0-10.0	rem	Al 0.40 Ti 0.40 Co 5.0	Alloy 625
N06985	최대 0.015	21.0-23.5	0.5 최대	1.5-2.5	18.0-21.0	6.0-8.0	rem	W 1.5	Alloy G-3
N08020	최대 0.07	19.0-21.0	8xC-1.0	3.0-4.0	rem	2.0-3.0	32.0-38.0		Alloy 20 Cb-3 Alloy 20
N08367	최대 0.03	20.0-22.0		0.75 최대	rem	6.0-7.0	23.5-25.5	N 0.18-0.25	Alloy AL-6XN
N08024	최대 0.03	22.5-25.0		0.50-1.50	rem	3.5-5.0	35.0-40.0		Alloy 20 Mo-4
N08026	최대 0.03	22.0-26.0		2.0-4.0	rem	5.0-6.7	33.0-37.2		Alloy 20 Mo-6
S31254	최대 0.02	19.5-20.5		0.50-1.00	rem	6.0-6.5	17.5-18.5	N 0.18-0.22	Alloy 254 SMO
N09925	최대 0.03	19.5-23.5	최대 0.50	1.50-3.00	최소 2.20	2.50-3.50	38.0-46.0	Al 0.10-0.50 Ti 1.9-2.4	Alloy 925

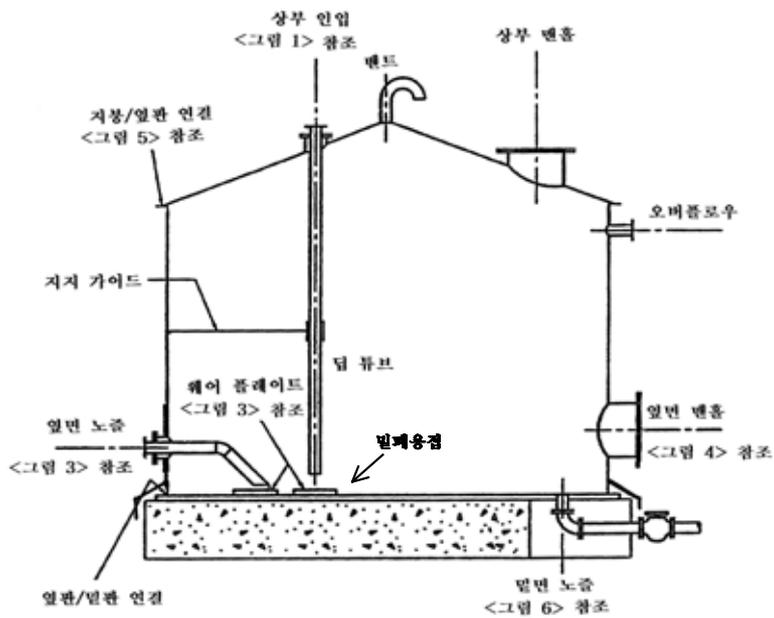
KOSHA CODE

D - 35 - 2004

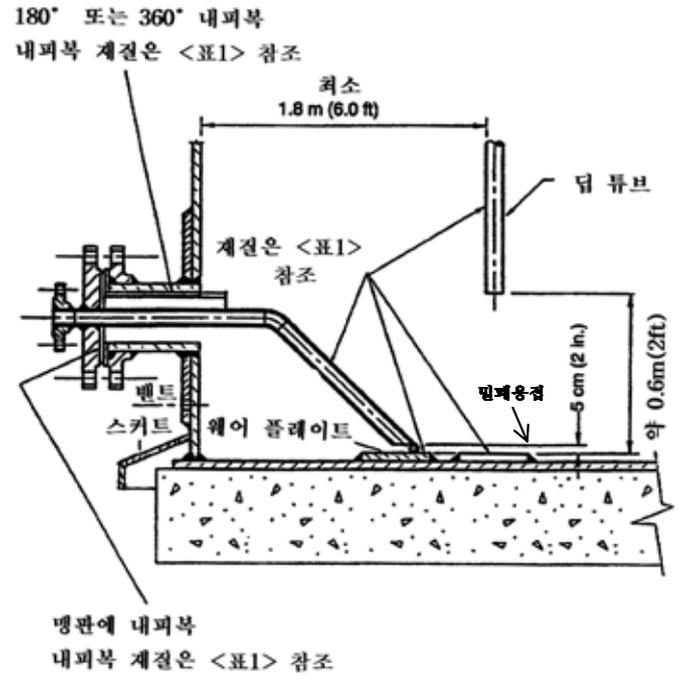
재질번호 (UNS No.)	화 학 성 분								일 반 명
	C	Cr	Cb+Ta	Cu	Fe	Mo	Ni	기 타	
N06059	최대 0.010	22.0-24.0			최대 1.5	15.0-16.5	rem	Al 0.1-0.4 Co 0.3 최대	Alloy 59
S31600	최대 0.08	16.0-18.0			rem	2.0-3.0	10.0-14.0		SUS 316
S31603	최대 0.03	16.0-18.0			rem	2.0-3.0	10.0-14.0		SUS 316L
S30400	최대 0.08	18.0-20.0			rem		8.0-10.5		SUS 304
S30403	최대 0.03	18.0-20.0			rem		8.0-12.0		SUS 304L



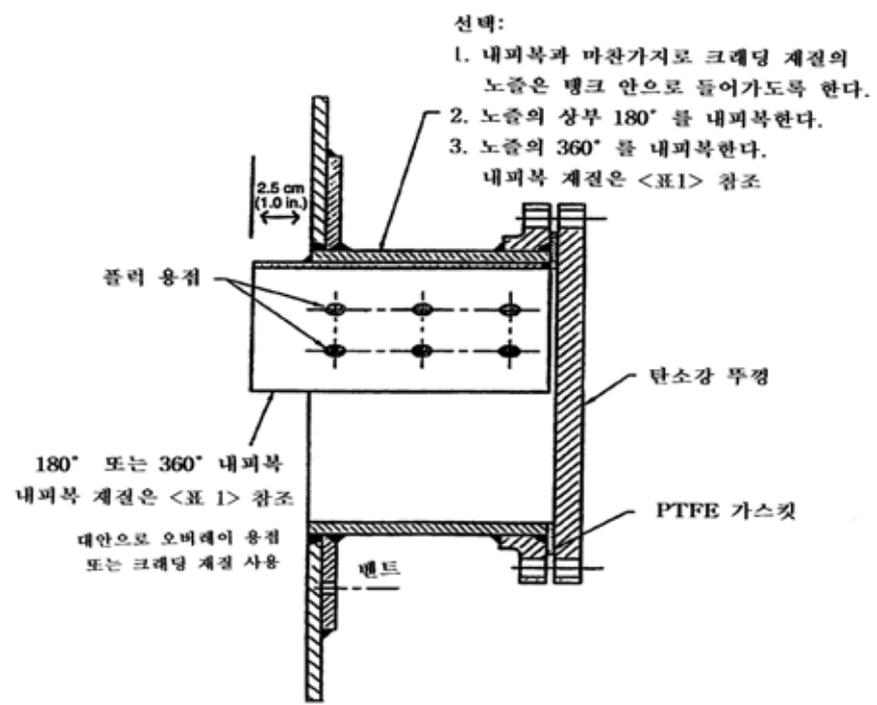
<그림 1> 상부 인입노즐



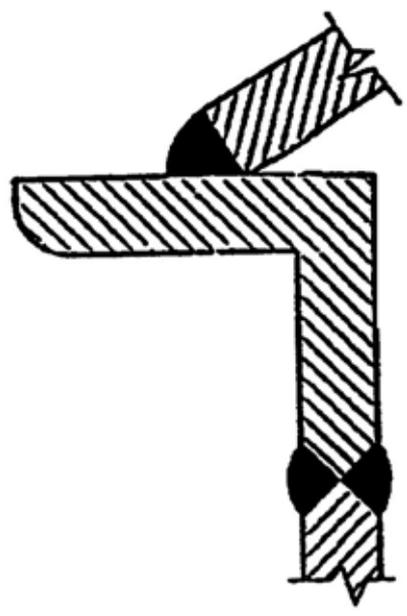
<그림 2> 고정식지붕탱크



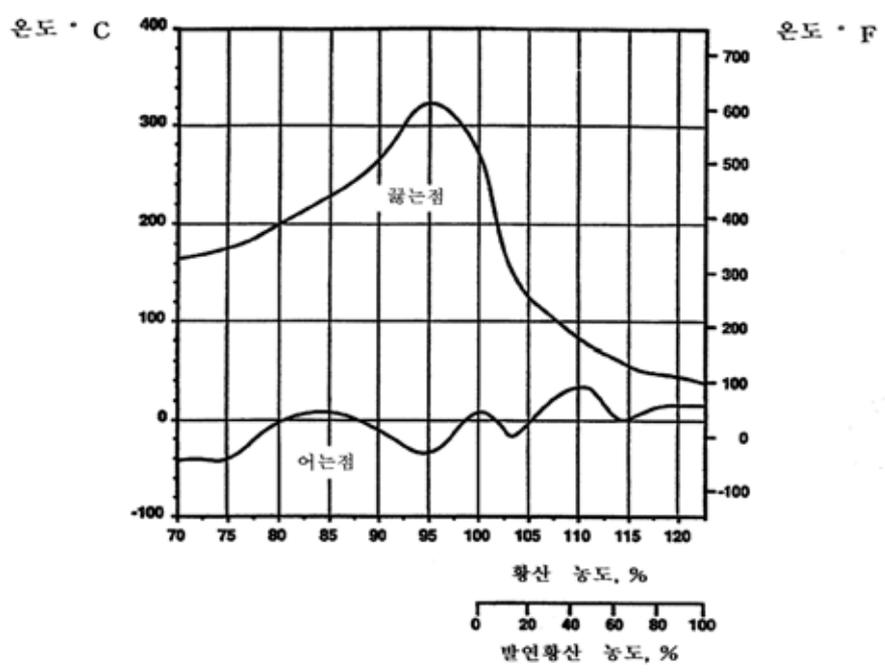
< 그림 3> 고정식지붕탱크-측면



<그림 4> 옆면 맨홀



<그림 5> 지붕 및 옆판의 용접



<그림 6> 황산 및 발연황산의 어느점/끓는점