

석유화학공장 방화기준



유 희 동
(감사실 차장)

1 머리말

석유화학제품은 인간생활과 연관된 거의 전 분야의 산업에 직·간접적으로 원료를 제공하는 중요한 역할을 하고 있으며, 선진 외국의 경우 19세기 후반부터 석유화학산업이 태동하기 시작해서 현재 약 100여년이 경과되었으나, 우리 나라는 1960년대

초반 이후부터 석유화학산업이 태동하기 시작해서 1968년 울산석유화학단지과 1973년 여천석유화학 단지가 건설되기 시작하여 20년이 넘는 공장들이 늘어나고 있어, 석유화학공장에 대한 재해위험이 점차 증가하고 있는 추세이다.

특히 석유화학산업은 산업 구조적인 측면에서 보면 철강공업과 더불어 산업의 근간을 이루는 기간 산업으로서 재해발생시 그 파급효과는 매우 클 것이다. 따라서 화재 및 폭발 등의 재해를 사전에 예방하고, 재해발생시 그 피해를 최소화하기 위해 석유화학공장에 적용할 수 있는 기준의 제정이 필요하게 되었다.

2 석유화학공장의 관련기준 및 법령

가. 구미지역 기준

기준명	제정기관	중요내용
National Fire Code	National Fire Protection Association	소방시설, 위험물시설 등
FM Loss Prevention Data	Factory Mutual	산업 전 분야
API 기준	American Petroleum Institute	석유산업 전 분야에 걸쳐 Standard, Recommended Practice, Bulletin 제정(배관, Vent, 저장탱크설치 기준)
IRInformation	Industrial Risk Insurers	화학공장의 각종 안전기준(각종 위험 Plant 기준, Spacing 등)
BS 5908	British Standards Institution	화학공장에서의 전반적인 안전기준

나. 일본기준

(1) 석유화학 콤비나트 등 재해방지법('75. 12. 12)

- 특별방재구역 설정 및 협의회 설치
- 사업소의 Layout 규제
- 특정방재시설(유출유방지제, 소화용 옥외 급수시설, 비상통보설비) 설치
- 자위소방조직(대형화확소방차, 고가사다리차, 오일펜스, 폼 트럭 등)

(2) 콤비나트 등 보안규칙('75. 통상산업성령)

- 특수반응설비 안전대책
- 방액제
- 긴급이송설비
- Layout
- 계기실 구조
- Vent 및 Flare Stack
- 위험사태 발생방지 장치 등

다. 우리나라 기준

(1) 고압가스 안전관리법 등

- 시행규칙 제6조의 별표 2, 3(고압가스 특정제조의 시설기준 및 기술기준) 등 및 관련고시

(2) 산업안전기준에 관한 규칙 및 관련고시

- 화학설비 및 시설의 안전거리에 관한 기준
- 위험물 저장, 취급설비의 내화기준
- 특수화학설비의 안전기준
- 변전실 등의 양압유지에 관한 기술상의 지침
- 안전밸브 등의 설치에 관한 기술상의 지침 등

(3) 소방법규

3 석유화학공장의 재해특성 및 재해원인

가. 재해 특성

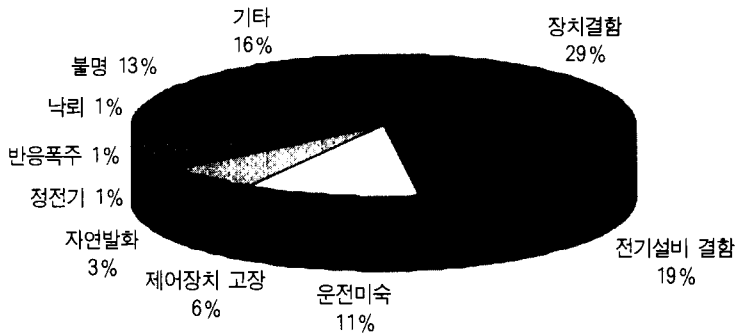
- 규모가 대체로 크며 사고발생시 파급영향이 큼.
- 보유에너지가 타 산업에 비해 크기 때문에 중대 재해위험이 큼.
- 장치 구조가 복잡하고 고도의 자동제어 시스템으로 구성되어 있어 설계 및 관리 기술에 전문화 필요.
- 구성요소가 다양하며 각 요소마다 신뢰성 확보가 어렵고 검사, 보수 등에 고도의 숙련된 경험 이 필요.

〈표 1〉 화학공장 등의 시설 현황

(단위 : 사업장 수, 92년 9월 현재)

구 분	계	사 용 기 간(년)				
		0~5	6~10	11~15	16~20	21 이상
계	284	38	80	79	58	29
정 유 공 장	5	1	—	1	—	3
석 유 화 학 공 장	53	8	12	15	16	2
정 밀 화 학 공 장	82	11	21	25	17	8
화 약 공 장	18	1	6	9	—	2
화 학 비 료 공 장	3	—	—	—	1	2
독 성 물 질 제 조 공 장	20	2	2	4	9	3
연 료 저 장 탱 크 터 미 널	68	11	16	18	15	8
도 시 가 스 공 장	28	4	19	4	—	1
LPG·LNG 저 장 기 지	7	—	4	3	—	—

(그림 1) 미국 Oil Insurance Association 통계



나. 재해 원인

- 대체적으로 설비결함이 30~50% 차지하고 다 음으로 운전조작 잘못으로 재해발생
- 우리 나라 화학공장의 상당수가 설비 노후화로 재해위험성 증가

4 석유화학공장의 방화기준 (KFS 700)

가. 총 칙

(1) 용어의 정의

○ 액체 (Liquid)

(가) 가연성 액체 (Combustible Liquids)

- ① 클래스 II 액체 : 인화점이 37.8℃ 이상 60℃ 미만인 액체
- ② 클래스 IIIA 액체 : 인화점이 60℃ 이상 93℃ 미만인 액체
- ③ 클래스 IIIB 액체 : 인화점이 93℃ 이상인 액체

(나) 인화성 액체 (Flammable Liquids)

- ① 클래스 I A 액체 : 인화점이 22.8℃ 미만이고, 비점이 37.8℃ 미만인 액체
- ② 클래스 I B 액체 : 인화점이 22.8℃ 미만이고, 비점이 37.8℃ 이상인 액체
- ③ 클래스 I C 액체 : 인화점이 22.8℃ 이상 37.8℃ 미만인 액체
- 국내 석유화학공장에서도 외국사와의 합작, 기

술제휴 또는 기술도입 등으로 클래스 I, II, III가 많이 사용되고,

- 국제적으로도 클래스 I, II, III가 많이 통용되고 있어,
- 국제화에 대비해야 하기 때문에 본 기준에서도 클래스 I, II, III로 분류하였다.
- 소방법에서 제4류위험물을 인화점 등에 따라 1, 2, 3, 4 석유류로 분류하였으며, 본 기준에서도 인화점 등에 따라 클래스 I, II, III로 분류하였기 때문에 상호 혼용 가능하다.

나. 입지조건 및 시설배치

(1) 제조시설, 저장시설, 임·출하시설, 유틸리티 시설은 적절하게 구분하여 이격 배치해야 하며, 특히 단위공정은 취급물질의 양, 운전온도와 압력, 위험성, 소화설비 등을 고려하여 상호 안전한 거리를 유지해야 한다.

- 화재 또는 폭발의 경우에, 인접한 시설 또는 이웃하는 건물이 위험에 노출되지 않고, 사람이 위험에 노출될 가능성을 최소화하도록 시설을 배치해야 한다. 또한 배치는 진화를 위한 접근성 및 단위공정내의 화재확산을 막기 위한 어느 정도의 이격거리를 적용해야 한다.
- 석유화학공장 시설의 배치 및 이격거리 기준 (KFS 701)은 Fire Protection Handbook 과 IRI 2.5.2, Oil and Chemical Plant Layout

and Spacing 자료를 참조하여 곧 제정될 예정이다.

다. 물질의 위험성, 저장 및 취급

(1) 하나의 방유제 내에 다수의 탱크가 설치되어 있는 경우, 다음과 같은 대용량 탱크에는 누설로 인한 인접 탱크에 미칠 위험을 감소시키기 위해 중간독 또는 배수로를 설치해야 한다.

- (가) 직경 45m 이상인 탱크마다 설치
- (나) 1,590kl 이상인 탱크마다 설치
- (다) 2,385kl 이상인 탱크군마다 설치
- 소방법 기술기준에서는 직경 45m 이상인 탱크마다 중간독을 설치토록 하고 있으나,
- NFPA 30에서는 1,590kl 이상인 탱크마다, 2,385kl 이상인 탱크군마다 중간독 또는 배수로를 설치토록 규정하고 있다.
- 따라서 본 기준에서는 상기 3가지 조건중 어느 하나를 만족하는 경우 중간독 또는 배수로를 설치토록 하였다.

라. 건축물 및 구조물

(1) 화재에 노출되어 붕괴의 위험이 있는 4.2.1항의 장치 및 구조물은 2시간 이상, 케이블은 30분 이상, 긴급차단밸브는 20분 이상의 내화도가 있어야 한다.

- 장치 및 구조물에 대한 소요 내화시간이
 - 1) FM, OSHA, NFPA에서는 2시간 이상
 - 2) API에서는 화재의 지속 및 강도에 따라 결정
 - 3) IRI에서는 1시간 이상
 - 4) 산업안전규칙에서는 1시간 이상을 요구하고 있다.
- 따라서 본 기준에서는 외국에서 일반적으로 많이 사용하는 FM, OSHA, NFPA와 같이 2시간 이상의 내화도를 갖도록 하였다.

마. 전기설비 및 정전기

(1) 유조차에서 적하작업을 실시할 경우, 정전기에 의한 발화위험을 제거하기 위해 다음과 같은 사항에 유의해야 한다.

(2) 유조차 주행중에 발생하는 정전기를 대지로 흘리기 위해 유조차를 접지 클램프로 확실하게 접지해야 하며, 접지 램프 등을 설치하여 접지가 불완전할 경우 적하작업이 중단되도록 연동시켜야 한다.

- 본 기준은 적하작업(Loading and Unloading) 시 정전기 발화를 방지하기 위한 기준으로 API 2003, Protection Against Arising out of Static, Lightning and Stray Current를 참조하였다.
- 상기 2항중 “접지램프 등을 설치하여 접지가 불완전할 경우 적하작업이 중단”되도록 한 것은 울산 석유화학공장 진단시 일부 공장의 적하작업장에 접지램프가 설치된 것을 보고 정전기 발화예방에 유익할 것으로 판단되어 본 기준에 삽입하였다.

바. 공정장치 및 안전장치

(1) 발열반응인 경우 폭주반응 등의 이상반응에 대해 원격조작 또는 자동제어가 가능하고, 다음과 같은 방법중 최소한 2가지 이상이 제어되어야 한다.

- (가) 원재료의 공급차단
 - (나) 냉각용수 또는 반응억지제 공급
 - (다) 불활성 가스 투입
 - (라) 내용물의 긴급방출
- 이상반응 위험요인은 다음과 같다.
 - 1) 반응열 제어에 대한 능력 부족(냉각장치의 스케일이나 녹 생성, 냉각용수의 공급 불량 등)
 - 2) 촉매농도 부적합
 - 3) 이물질의 혼합(화학적반응에 의해 생긴 탄화물, 금속산화물 등의 부산물 혼입, 장치 세정약액, 세정수 등)
 - 4) 원재료의 주입량, 주입속도, 투입순서의 부적

합동

- 반응기 폭발사고의 예에서 알 수 있듯이 대부분 냉각수 계통 이상에 의해 사고가 발생하므로 이를 예방하기 위해 본 기준을 제정하였다.

(2) 반응장치, 탱크, 칼럼 등을 가열하기 위해 열매체유를 사용하는 경우 열매체유 누출에 따른 발화, 단열재에 흡수되는 경우 자연발화 등의 위험을 최소화할 수 있는 다음의 조치를 취해야 한다.

- (가) 밸브 스템의 재패킹, 새기 쉬운 가스켓 교체 등의 작업을 통해 누출원을 제거한다.
- (나) 밸브에 스템을 수평으로 설치하여 누출물이 단열재에서 멀리 떨어지도록 한다.
- (다) 밸브, 플랜지 등 누출 가능성이 있는 부분의 단열재는 내유성 시멘트로 피복한다.
- (라) 다공성 유리 또는 알루미늄박 등의 비흡수형 단열재를 사용한다.
- (마) 오일 흡수형의 단열재는 교체한다.

- 석유화학공장 사고사례에서 알 수 있듯이 열매체유 누출에 의한 사고가 많이 나와 있으며, 이러한 사고를 예방하기 위해 본 기준을 제정하였다. 본 기준은 FM 7-47, Physical Operations in Chemical Plants를 참조하였다.

- 울산 PTA제조공장의 사고원인을 살펴보면, CTA공정의 산화반응탑 주위 열매체유 배관에서 균열 또는 핀홀이 발생하여 열매체유가 보온재 내에 스며들어 산화반응에 의한 열의 축적으로 자연발화된 경우가 있다.

(3) 터어빈, 펌프, 팬, 압축기, 교류모터 등 대형 회전기계는 다음과 같은 경우 부품손상에 대비하여 충분한 예비부품을 확보하고 있어야 하며, 예비부품은 연 1회 이상 검사를 실시해야 한다.

(가) 사업중단으로 인한 손실이 1일 생산량의 25% 이상

(나) 부품을 교체하는데 30일을 초과

(다) 중요한 부품 등

- 석유화학공장에서 사고원인 중 펌프, 압축기, 송풍기 등 회전기계류에 의한 것이 많다는 사실을 알 수 있다.
- 따라서 부품을 확보하여 교체하는데 소요되는 시간을 줄이고, 손실로 인한 생산량 감소를 줄이기 위해 예비부품을 확보하는 것이 중요하다.
- 회전기계류에 대한 진동, 윤활유 분석, 예비부품 관리 등에 대해서는 IRI 6.0.1.0, 6.0.8.1.0, 6.0.8.3 등에 자세하게 나와 있으므로 참조하기 바란다.

5 맺는 말

석유화학공장에 대한 국내 법규는 건축법(건설교통부), 소방법(행정자치부), 고압가스안전관리법(산업자원부) 및 산업안전기준에 관한 규칙(노동부) 등으로 구분되어 있으나, 석유화학시설에 적용하기에는 너무 포괄적이거나 일부 미흡한 부분이 있다.

따라서 본 기준은 선진 외국의 API 기준이나 FM 손실방지자료 등을 참조하여 민간기관에서 제정한 국제수준의 석유화학공장 방화기준으로서 석유화학공장에 대한 전반적인 안전분야를 다루고 있으며, 앞으로 수년 내에 본 기준의 각 분야에 대한 세부 기준들이 제정될 예정이다.☞