

# 화학공정 안전작업

화학공정은 설비의 결함이 있을 경우는 물론이거나 설비의 결함이 없는 경우에도 공정변수가 설계의도의 범위를 벗어나게 되면 사고로 이어지는 경우가 많으며 그 결과로 화재·폭발사고나 가스 혹은 증기의 유출로 인한 질식 또는 중독사고나 환경오염사고를 유발하게 되어 대개 이러한 사고는 그 규모가 커 대형 참사를 일으키게 되고 사회적 이슈화가 되기도 하는 것이다. 이러한 화학공정을 안전하게 수행하기 위하여 어떻게 할 것인가에 관한 개요를 살펴보기로 한다.

## 1. 화학공정의 개요

화학공정이란 화학물질을 처리하여 원하는 물질을 얻기 위하여 거치게 되는 여러 단계의 단위조작과 단위공정을 모두 일컫는 것으로서 여기서 단위공정이란 화학공정 중 화학적 처리공정으로 물질의 이송, 가열/냉각, 증류, 증발, 추출, 여과, 가압 등의 각 공정을 말하고, 단위공정은 반응조작이라고도 하며 화학공업에서 수행되는 화학적 조작을 연소·산화·환원·수소첨가·전기분해·니트로화·할로겐화·술폰화·알킬화·에스테르화·아미노화·중합·축합·발효 등 몇 가지 기본적인 화학반응의 형식에 따라 분류한 것이다. 단위공정은 원래 화학반응의 설계와 합리적인 조작조건 결정의 기초이론 확립을 목표로 제안된 것이지만, 화학적 요소와 공업적 요소의 조화가 어렵고 단위공정의 기초 확립과 체계화가 더 이상 진전되지 않았기 때문에 화학반응의 단순한 분류처럼 해석되어 지금은 단지 단위조작에 상대되는 반응조작으로 불리고 있다. 현재에는 반응장치를 다루는 데 있어, 화학반응을 기체상반응·액체상반응 등과 같이 상(相)에 따라 분류하는 쪽이 편리하여 화학반응의 속도에 유동·확산·열전달과 같은 물리현상의 영향을 고려한 공업적 취급, 즉 반응공학으로 변해가고 있다. 화학공정에 있어서는 온도, 압력, 농도, 레벨, 유량 등의 여러 가지 중요한 공정변수가 있으며 이와 같은 변수가 설계의도대로 유지되도록 하는 것이 공정의 안전을 유지하는 관건이 된다.

## 2. 재해사고 유형

화학공정의 재해사고 유형을 살펴보면 크게는 화재·폭발과 유독성물질 유출로 구분할 수 있으며 그 밖에도 뜨거운 유체의 유출에 의한 화상, 산

또는 알칼리 등의 부식성 액체의 접촉이나 흡입에 의한 인체 손상, 오일 등의 유출 시 미끄러질 위험, 산소결핍 지역에서의 질식사고 등이 발생할 수 있고 특히 유독성물질이 유출되는 경우 환경에 심각한 영향을 끼칠 수가 있다. 세계 최악의 화학공정 관련 사고는 인도 보팔 가스사고로 인도 보팔 시에 있는 화학약품 제조회사인 미국 다국적 기업 유니온카바이드사에서 1984년 12월 3일 심야에 농약의 원료로 사용되는 메틸이소시아염(MIC)이라는 유독가스가 유출되면서 시작되어 발생 2시간 만에 저장탱크로부터 약 36톤이 유출되었으며 이 사고로 현재까지 2만 여명이 사망하고 환경파괴와 함께 12만 여명의 주민이 후유증을 앓고 있는 것으로 보고되고 있다.

## 3. 화학공정의 안전작업 방법

- (1) 어떤 인위적 실수가 치명적 결과를 초래할 수 있는가? 중요한(Critical) 업무 및 작업이 규정되어 있는가? 이와 같은 업무의 정신적 및 육체적 특성이 정상 시 및 비상시의 활동에 대하여 분석되어 있는가? 이와 같은 업무를 수행함에 있어서 일어날 수 있는 인위적 실수의 빈도 및 영향을 감소시키기 위해 어떻게 하고 있는가?
- (2) 정상운전, 시운전, 가동 정지, Upset 및 비상운전에 관해 운전자가 적용할 수 있는 전반적이고 현실에 부합되는 절차가 마련되어 있는가? 이러한 절차서는 어떻게 구체적이고 현실에 맞도록 유지하는가? 운전자가 절차서 검토 및 수정에 참여하는가?
- (3) 어떤 공정 장치 또는 조작 변수가 변경 되었는가? 이 경우 운전 절차가 적절히 수정되고 운전자는 새로운 절차에 관해 교육을 받고 있는가?
- (4) 새로운 운전 요원은 초기 운전 전에 관해 어떻게 교육하며 기존의 운전자는 어떻게 최근 변경된 절차에 관해 교육 하는가? 비상 절차에 관해 가상의 비상상태에 대한 훈련을 포함하여 정기적인 교육을 실시하는가?
- (5) 작업자가 독자적으로 업무를 수행할 수 있도록 허용하기 전에 어떻게 자신의 지식을 입증하는가? 시험 및 검증을 위한 제도가 있는가?
- (6) 중대한 공정에는 Checklist가 사용되는가? 번호가 부여된 각 단계별로 오직 한 가지 행동만이 규정되는가? 참조가 되는 지침이 설명을 위한 메모에 나타나 있는가? 모든 단계가 올바른 순서로 되어 있는가?
- (7) 운전자의 관행이 항상 절차서를 따르는가? 차이가 있을 때는 어떻게

이를 알아내며 또한 어떻게 조치하는가? 서면화 된 절차서로부터의 변경은 누가 승인할 수 있는가? 이와 같은 승인 시 해당 변경으로 인한 안전 관련성의 검토도 포함하는가?

(8) 공정의 화학이론 및 잠재적인 원하지 않는 반응에 대해 운전자가 얼마나 많은 지식을 가지고 있는가?

(9) 절차서는 모든 물질 및 작업에 대해 안전 운전 범위를 규정하고 있는가? 어떤 공정 변수가 이들 제한치에 접근하거나 접근할 수 있는가? 얼마나 빠르게 안전 제한치를 초과할 수 있는가? 운전자가 안전 제한치를 초과하기 전에 Upset 상태를 감지하고 대응할 수 있는지 또는 자동화 된 시스템이 설치되어 있는가?

(10) 어떤 절차 또는 작업이 공정 엔지니어나 다른 기술적으로 교육을 받은 사람에게 의해 감시되어야 하는가?

(11) 모든 중요한 장치(Vessel, 배관, 계기, Control 등)는 명확하고 애매하지 않게 명칭, 번호 및 내용물에 관해 라벨을 붙여 놓았는가? 누가 라벨을 유지하고 개정하는 책임을 가지는가?

(12) 시운전에 앞서 어떤 특별한 세정, 퍼지 또는 Drain 작업이 요구되는가? 이러한 요구 사항은 어떻게 Check 하는가?

(13) 유틸리티 시스템 고장은 어떻게 취급되는가?

① 공장 전체에 관한 대응 절차가 마련되어 있는가?

② 부하 제거를 위한 우선순위가 정의되어 있는가?

③ 전기 공급의 Backup 시스템이 있는가?

④ 스팀으로 작동 되는 시스템은 전기 없이 운전할 수 있는가?

(14) 해당 공정이 관리하기에 어려우나? Upset 시 운전자가 우선순위가 낮은 너무 많은 경보기 때문에 어려움을 겪게 되지 않는가?

(15) 운전 상황 또는 운전자 대응이 달랐더라면 훨씬 더 심각한 사고로 이어질 뻔 했던 잇차사고가 있었는가?

(16) 장치가 자동 Control 하에서는 작업자가 입회하지 않은 상태에서 가동하는가? 이 경우 경보 조건에 대응하는 방안은 무엇인가?

(17) 다음 부위에 CCTV 카메라가 설치되어 있는가?

① 하역/출하장의 관찰

② 선단의 불꽃 관찰

③ 공정 물질의 유출 감시

④ 침입자의 감시

(18) 하역 및 출하 작업은 어떻게 수행되는가?

① 어떤 절차서에 의해 이들 작업이 관리되는가?

② 누가 이 작업을 수행하는가?

③ 이들 작업에 관련된 정규직원 또는 고용인에 대해 교육 및 적응 훈련을 실시하는가?

④ 감시 또는 감독을 어떻게 유지하는가?

⑤ 연결 작업이 어떻게 수행 되는가? 거꾸로 연결하거나 잘못된 Tank로의 연결을 방지할 수 있는 물리적 수단이 되어 있는가?

⑥ 운송 용기는 접지/Bonding 되어 있는가? 전기적으로 끊어진 곳이 없음을 확인하는가?

⑦ 원료 또는 제품의 성분을 어떻게 확인하는가?

⑧ 물질의 운송이 개시되기 전에 성분 확인이 이루어 지는가?

(19) 설비를 안전하게 운전하기 위해 적절한 통신 수단이 설치되어 있는가?(전화, 무전기, 신호음, 경보기)

(20) 교대 업무의 순환 계획은 작업자의 생체 리듬의 장애를 최소화하도록 세워져 있는가? 작업자의 피로와 관련된 문제가 어떻게 해결되는가? 작업자에게 최대 허용 잔업시간은 얼마이며 이 제약이 지켜지고 있는가? 비상사태가 연장될 경우 작업자의 교대근무 계획이 수립되어 있는가?

(21) 각 교대 조에는 요구되는 일상 작업 및 비상업무를 수행하기에 충분한 인원이 있는가?

#### 4. 관련 법/규정

화학공정의 안전한 작업과 관련되는 주요한 법/규정은 다음과 같다.

(1) 산업안전보건법

- 제23조 [안전상의 조치]

- 제24조 [보건상의 조치]

- 제49의2 [공정안전보고서의 제출 등] 등

(2) 산업안전기준에 관한 규칙

- 제254조 [위험물질 등의 제조 등 작업시의 조치]

- 제288조 [안전밸브 등의 설치]

- 제296조 [사용 시작 전의 점검 등]

- 제326조 [독성이 있는 물질의 누출방지] 등

#### 5. 맺음말

오늘날 많은 사업장에서 많은 적던 화학공정이 적용되고 있으며 이를 적절하게 사용하면 매우 유효한 제조설비가 되겠으나 잘못된 사용은 엄청난 재난을 일으킬 수도 있다. 취급하는 물질의 위험성, 사용공정의 특성(예: 폭발반응 등)과 각종 공정안전자료의 유지·관리와 함께 본문에서 언급하고 있는 화학공정의 운전 시 검토해야 할 항목에 관해 철저하게 준비하고 관리함으로써 이러한 재난과 사고가 없는 사업장이 되도록 해야 할 것이다.

