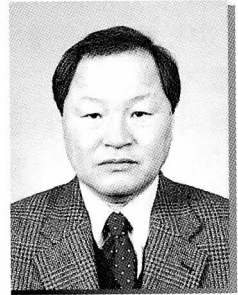


정밀화학공장의 재해예방



안산지회 사무국장
이 봉 수

I. 서론

화학공장을 크게 분류하면 연속시스템(Flow Process System Type)과 단위시스템(Batch Process System Type)으로 나누고 있다. 여기서서는 후자에 속하는 회분식공정(Batch Process System Type) 즉 단위시스템인 정밀화학분야 공장의 업종 특성 자체가 가지고 있는 공정상의 특성과 소규모 다품종 전환 생산을 하므로 인해 잠재된 유해·위험 요소가 상존 하는 것이 현실이다.

최근 화학공장 가동 중 발생하는 중대산업재해의 원인은 크게 다음과 같다.

- 첫째, 설비의 노후화
- 둘째, 영세 또는 중소기업의 열악한 환경
- 셋째, 이로인한 설비의 보수·점검·정비의 지연
- 넷째, 설비 또는 시설에 대한 변경요소관리의 소홀
- 특히 한가지 설비를 가지고 여러 종류의 제품을 생산하는데 있어서

다섯째, 품목별 생산 공정에 대한 전문기술력의 차이와 조직내 직급간, 상·하간에 의사소통(Communication)의 미흡, 안전작업 지시 기법 부족

여섯째, 전문기술자들의 인력부족 특히 화학공장의 안전관리전문가가 부족하여 중대 산업재해가 발생하고 있다.

따라서, 잠재되어 있는 중대산업재해의 위험성을 제시하여 중소규모 Batch Process System Type의 정밀 화학 공장에서 최적의 안전관리 활동을 촉진하고, 산업재해 예방은 물론 기업의 번영에 이바지 하고자 사업장에서 실질적으로 필요한 사항들에 대하여 신 품목 개발과 공업화과정의 Flow Sheet 요약, 공정특성, 기술상의 문제점, 생산과정의 위험성 검토 등에 대하여 논하고자 한다.

II. 본론

1. 신품목 개발과 공업화 과정의 Flow Sheet

〈 표 1 〉 참조

〈표 1〉 신제품 개발과 공업화 과정의 Flow Sheet

주관부서	진행순서	진행과정
개발부 및 연구소	품목 개발	각 사의 개발 및 공업화 전략에 따라 다소 상이함. 일반적으로 1) 외부에서 개발 요청 2) 현 업종에서 시장 상황 판단
	개발 가능성 조사	1) 문헌조사(전세계 특허 및 일반 문헌조사, MSDS 등) 2) 문헌Map 작성(개선된 방법, 합성가능한 방법 등) 3) 최적의 경제적인 방법으로 선정 4) 원료공급 가능성 조사 5) 원료비 산출(1차 경제성 검토) 6) 원료, 중간체, 최종제품의 화재·폭발 위험성 및 반응조건
	개발 Start	1) 원료구매 2) 실험실적 연구(Lab Test 0.5 ~ 1 l 규모) 3) 재현성 연구(Scale up test) Data 및 경제성 확인 4) 반응시 가열, 냉각, 숙성, 증류, 건조 등 공정상 기능정지 교반중시, 부가촉매량의 오류, 원료투입 순서 오류 등 이상위험성 검토 5) 상업화 연구(Bench Test, 20 l 규모) 2), 3)번의 재현성 확인 및 Utility 및 공정 설비, 폐수처리 원단위 추정 6) 최적화 연구(Bench Test 보완) 7) Pilot시험생산연구(Pilot test, 100 ~ 300 l 규모) 연구소 실험 및 B/T결과를 근거로 현장 적용가능 여부와 투자비 산정 및 실 적용시 경제성 검토 8) P/T에서의 문제점 보완을 위해 추가적인 Lab & B/T실험 9) 각공정의 취급물질의 위험성 분석(열 안정성, 불순물 순도)
생산	생산	1) 시제품 생산, 안전조업 확인 2) 시제품 생산시 발생된 문제점 연구소 보완실험 3) 현장보완후 본격생산

2. 공정특성

정밀화학 제조공정은 회분식 공정이 많으며 특성은 다음과 같다

가. 다품목 생산으로 설비의 중복이 많으며 Line변경으로 생산계획, 취급물질, 취급물질의 수량, 작업내용의 변화가 많다.

나. 중간생성물의 위험성을 잘 모르는 경우가 많고 생산 공정이 반응, 증류, 재 증류, 추출, 여과, 건조, 분쇄 공정 등으로 이루어진다.

- 1) 반응기류의 세척, 원료공급 등이 자동화가 안되는 경우가 많다.
- 2) 반응조건이 매 단위(Batch)마다 변하므로 중간생성물 조성이 틀릴 경우가 있다.
- 3) 단일설비에 의한 조건 변화가 크므로 자동화가 곤란하다.

다. 반응기 내부의 중간생성물 종류, 발생량이 시간 경과에 따른 경시 변화가 있을 수 있다.

라. 제조공정상 소량 제품의 종류와 생산량이 한정되어 재처리하는 경우가 많다.

3. 기술상의 문제점

가. 취급물질 및 중간생성물의 위험성에 대한 문헌, 실험, 재현성 조사가 불충분할 수 있다.

나. 제조공정에 맞는 설비 선택의 폭이 좁고 이에 대응 개선이 충분치 못하며 공정표준작업 또는 표준안전작업 지침에 대한 교육이 제대로 이루어지지 않고 운전에 임하는 경우가

있으므로 잠재 위험성이 크다고 볼 수 있다.

다. 반응기, 콘덴서 등에 가열, 냉각, 중화 등 열이 수반되는 경우가 많으므로 압력 온도센서의 제어가 필요하고 수동 내지 반자동 형태로 작업이 이루어져 오조작에 의한 유해 생성물에 근로자가 노출될 경우가 많다.

라. 시간 경과에 따른 중간생성물의 경시변화와 조성차이로 예측치 못하는 이상상태로 변화될 우려가 많으며, 회분식(Batch)반응을 하다보니 이상상태에 대한 대응을 단계별로 검토하지 않는 경우가 있다.

4. 생산공정의 위험성 검토

화학공장을 건설하여 시운전전에 물질저장, 반응, 증류, 숙성, 건조, 분쇄, 포장 등 공정 계획과 작업메뉴얼 작성 및 이상상태에 대해 검토가 필요하다.

가. 각 공정의 위험성 검토를 실시하여 보완을 하는 것이 원칙이다.


- 1) 반응(Reaction)시 검토사항
 - ① 주 반응기 특성검토
 - ② 원료, 보조제 등의 화재, 폭발위험성
 - ③ 부반응의 영향
- 2) 혼합(Mixing)시 검토사항
 - ① 이 물질 혼입에 따른 위험
 - ② 충격, 기온 등에 의한 위험
 - ③ 혼합순서 오류
- 3) 증류(Distillation)시 검토사항
 - ① 불순물(Impurity) 농축에 따른 위험 (Line Plugging)

- ② 증류온도와 증류시간의 영향
- ③ 과열(Super Heating)위험
- ④ 기타 증류장애 요인
- 4) 저장(Storage)시 검토사항
 - ① 중간체 등이 자기 반응성에 의한 저장시간, 온도 등의 위험
 - ② 이 물질 혼입에 따른 위험
- 5) 건조(Drying)시 검토사항
 - ① 물성에 따른 건조방법 검토
 - ② 건조온도, 건조시간
 - ③ 건조시 파생되는 용매, Vapor의 위험
 - ④ 과열 위험성
- 6) 세정(Scrubbing)시 검토사항
 - ① 세정작업 중 인력 투입시 산소결핍 위험성 검토
 - ② 세정용제의 폭발, 화재 위험성
 - ③ 세정제와 피세정 물질의 반응 위험성
 - ④ Water Running(물 세정)후 후처리 검토
 - ⑤ 환기 덕트(Ventilation Duct)내에 저구배점(Low Point)에 응축된 물질의 혼합으로 인한 위험 등을 검토 하여야 한다.

현재 생산중인 것 중 외국의 특허기간이 종료된 복사제품(Copy Product)이 많고, 실험중 실패에러(Trial Error)를 미반영하는 경우도 있다. 예로 0℃에 보관하여야 할 샘플을 냉장고에 넣어 두었는데 정전이 되어 자기발열로 냉각이 되질 않는다. 따라서 공장설계시 냉각 등에 집중 검토 하여 온도상승을 억제하는 대책을 강구하는 것도 한가지 방법일 것이다.

Ⅲ. 결론

정밀화학공장의 재해예방을 위해서는 여러 가지 요건이 있겠으나 여기서는 주로 회분식 공정에 대한 기본적이고 기초적인 안전확보 사항을 서술 하였으므로 안전기술을 사랑하는 안전인들에게 다소나마 도움이 되었으면 한다.

- ① 새로운 품목의 개발과 공업화 과정은 옥조곡선의 이론에서 위험성을 말할 수 있고 앞서 설명한 흐름과정에서 알 수 있듯 반드시 실험실적 연구 → Pilot시험생산 연구 → 시제품생산시 등 단계별로 세분화된 안전상태 확보와 휴먼에러 등의 위험요소 등을 확인하여야 한다.
- ② 각 공정의 특성이 가지고 있는 기술·공학적인 사항의 문제점 및 생산공정의 위험성 검토시에는 각 분야별 또는 그룹별 팀미팅 등으로 충분한 의견교환을 거친 후 잠재되어 있는 재해발생 유해·위험요인을 규명하여야 한다.
- ③ 최일선 실무작업자에게는 3E대책 및 구체적이고 정확한 안전작업매뉴얼(지침서, 표준작동방법 등)에 따라 정확한 안전작업 지시 이행과 체계적이고 반복적인 교육·훈련과 안전조업상의 관리 감독이 철저히 이루어 져야 한다. 

저자 이봉수

- 대한산업안전협회 안산지회 사무국장
- 한국화공 안전기술사회 부회장
- KOSHA 화공기준제정위원