

산업 화재 예방(Industrial Fire Protection)

Jonathan M. Eisenberg, 미국소방기술사, Rolf Jensen & Associates, Inc.

산업시설 관련 프로젝트를 시작할 때 "지형(lay of the land 공정 배치)"을 묻는 질문은 알아야 할 첫 번째 정보 중 하나이며, 이것은 프로세스에 대한 설명이다. - 원자재의 반입에서부터 시작된다.[인도 및 저장, 그리고 회분식(batch) 또는 연속 공정 지역으로의 이송이 어떻게 이루어지는지] -

다음 단계는 조건(the conditions)을 이해하는 것이다. 가능한 위험은 어떻게 원료가 저장되고 제조 공정으로 이송되는지, 공정이 화학적 합성 반응인지 또는 간단한 혼합과정인지, 온도 및 압력의 조건, 프로세스의 지속 시간 및 운전원이 수행하는 역할이 어떤 것인지, 정제 또는 건조 단계가 있는지, 최종 제품 포장 및 저장 방법, 그리고 완성품의 저장하는 방법을 포함한 다른 요인에도 기인한다.

공장 시설에서의 단위 작업 및 공정에 대하여 이해하는 것이 중요하다. 이것은 서술식의 공정 설명뿐만 아니라 P&ID(Process & Instrumentation Diagrams, 공장 및 장치도면)도 포함 한다. 유해 물질 전체를 리스트화 하는 것 - 화학물질의 명칭, 용액의 농도, 용기의 크기 및 종류 - 은 분석을 시작하기 위한 필수적인 작업이다.

코드 & 표준(CODES & STANDARDS)

산업/화학 분야의 많은 기준과 표준에는 해당되는 요구사항과 중요한 정보가 담겨 있다. FPE(Fire Protection Engineer)의 역할 중 하나는 특정 산업의 공정에 대한 적용 기준과 표준을 알고 시설 운영자들이 특정 상황에서 적용하는 방법을 이해하도록 돕는 것이다.

산업/화학 시설에 적용되는 기준에는 제조 공정 및 시설 설계에 대한 공학 기초의 이해와 직접적으로 연결되는 요구사항이 포함되어 있다. 기존 시설에 대해서는 서베이(Survey, 보험 인수시 보험사 또는 재보험사에서 행하는 위험성 조사)나 감사 후 즉시 또는 당해 연도 내에 모든 관련 요구사항을 이행하지 못할 수 있다. 따라서 산업시설을 분석할 때 가장 중요한 작업 중 하나는 시설 관리자가 규정 준수 계

획에 반영할 수 있도록 권고사항을 우선순위를 가지고 분류하도록 돕는 것이다. 준수 계획에 영향을 미칠 수 있는 관련 요인으로는 권고사항의 근본적인 것(예를 들어, 기준, 표준, 또는 보험인수 시 요구사항), 특정 지역에 요구사항의 적용방법 그리고 권장되는 선택사항과 해결안이 포함된다.

보험 인수(Underwriting, 보험계약심사) 시 요구사항 또한 산업시설의 설계 및 운영에 상당한 영향을 줄 수 있다. FM 글로벌 데이터시트에는 다양한 종류의 산업시설에 대한 요구사항이 있다. 보험 인수 시 요구사항은 종종 특정 위험 또는 특정 산업공정 유형에 대하여 좋은 정보를 제공하고 적용 가능한 기준 및 표준을 확대시킨다.

FM 글로벌 데이터 시트의 7-44 및 7-91에는 공정 설계 과정에서 활용할 수 있는 기술 정보가 포함되어있다. 예를 들어, 화학 공정을 포함하는 부지의 레이아웃(배치도)은 관련된 위험에 근거하여 특정한 이격거리(set-back and separation distance)의 요건이 있어야 할 것이다. 마찬가지로 수소 저장 및 분배기 설치에 인접한 장비에 배관 시스템의 노출 및 보호와 같은 특정 위험 문제를 해결하기 위해 FM 글로벌의 권장 사항 및 손실 이력을 사용할 수 있다. 지역의 소방공무원들은 보통 복잡한 산업 또는 화학 공정에 대해 적절하게 검토가 이루어지게 되므로 그들의 이해와 안정에 도움이 되어 보험인수 시의 권장사항을 신뢰한다.

화재 진압 및 감지 시스템 (FIRE SUPPRESSION AND DETECTION SYSTEMS)

산업시설에서 화재 진압 또는 감지 시스템을 설계하는 경우 여러 가지 요인을 고려하여야 한다. 다수의 화학 공정이 있는 많은 시설들은 각각 다양한 위험에 관련된 기준을 가질 수 있다. 즉, 공장 각 지역에 대한 화재 진압 및 감지 시스템 설계 접근 방법은 다를 수 있다.

이러한 조건을 알고 인접한 시스템의 효과를 방해할 수 있는 시스템을 지정하지 않도록 주의해야 한다. 또 하나는 같이 두어선 안 되는 물질 군을 다루는 것이다.

예를 들어, 물과 반응하는 물질을 포함하는 공정 용기(반응기)는 인화성 가스를 처리하는 과정에 인접해 있을 수 있다. 이러한 두 공정에 대한 보호 계획은 매우 다르다. 물과 반응하는 공정의 용기는 CO_2 로 방호하고, 동시에 인접한 옥외의 인화성



물질을 수용하는 장비는 물분무설비로 생각시키는 것이 필요할 수 있다.



화재 진압 방식이나 소화약제는 물질의 저장 및 개봉 또는 폐쇄된 공정 장비에 대한 적합성을 고려하여 개발되어야 한다. 화학, 석유화학 및 탄화수소를 처리하는 공정 시설의 방호 지침은 산업 단지에 대한 화재 진압 및 감지 방법에 대한 정보를 제공한다.



산업 플랜트에서 수리학적 요구를 판단하는 첫 단계는 저장 및 처리되는 물질의 위험 분석이다. 물이 기반이 되는 화재 진압 시스템에서 위험 분석은 소화 용수 루프 부지뿐만 아니라 소화펌프 및 소화용수 저장 탱크의 크기까지 제시한다.

화재 감지/진압 시스템에서의 새로운 기술은 추가 옵션을 제공한다. 과거보다 더 효과적인 가스 및 불꽃감지기는 소방기술자들이 가스를 감지하는 추가적인 방법을 찾을 수 있게 해주었다. 또한, 물과 반응하는 화학물질 중 일부에 적합한 자동진압시스템은 현재 사용되고 있다.

화재 감지/진압 시스템에서의 새로운 기술은 추가 옵션을 제공한다. 과거보다 더 효과적인 가스 및 불꽃감지기는 소방기술자들이 가스를 감

마지막으로, 물분무 소화설비는 스프링클러설비 방출이 필요한 시설에 추가할 수 있는 기술이다. 예를 들어, 생화학적으로 봉쇄가 요구되는 시설은 스프링클러 방출 시 지방자치단체의 공용하수관에 배출하기 전에 건물 내부에서 생물학적 정제 시스템으로 보내지는 배수시설이 필요하다.

각각의 화재 진압 소화 약제 사용 시 공정 지역 내 적재품에 대한 화재 진압 시스템의 성능을 비교하는 성능기반 분석이 필요할 수 있다. 미생물 및 생물 의학의 생물학적 안정성 연구소(BMBL : Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories, 미국 보건복지부 산하 연구 기관)는 생물학적 봉쇄가 요구되는 시설에서 방재시스템 설계에 대한 지침을 가지고 있다.

산업시설에서의 제품유형이나 공정조건은 수동적 및 능동적인 방재시스템에 영향을

준다. 예를 들어, 가연성가스 처리시설은 국제 건물 코드(IBC : International Building Code)에서 H-2 용도로 분류 될 수 있다. 그것은 해당 건물의 내화도에 영향을 줄 것이다. 최고의 진압 방법은 통상 가스 및 불꽃감지 시스템의 연동을 통해 가스의 흐름을 차단하는 것이다.

원료 용제의 분배 및 폐기물 수집 체계는 실험실 건물에서 더 일반화 되고 있다. 이러한 설치 물질에 대한 화재안전 측면에서 이송 배관의 누설 탐지 및 사용 지점에서 유기 증기(LEL : Lower Explosion Limit - 참고사항으로만 기술, 폭발 하한계)의 검출뿐만 아니라, 정전기까지도 고려되어야 한다. 다루어져야 할 고려 사항에는 가연성 액체의 이송 속도, 정전기가 발생하는 경향성, 정전기를 등전위화 및 소멸하는 방법, 어떤 종류의 펌프 또는 불활성 가스가 사용될 것인지가 포함되어야 한다.

다량의 가연성 액체를 처리하는 공정 플랜트는 탱크의 외부(포모니터)와 내부(폼 방출구)를 동시에 보호하는 포/워터 진압 시스템이 필요할 수 있다. 분석은 화학 성분 및 발생할 수 있는 화재 사고의 유형과 같은 조건에서 이행되어야 한다. 공정상 유체의 물성과 공정에서의 화학적 성질 및 운전 상태를 이해하는 것은 크기 조정 및 외부 연료 탱크 모니터, 내부 노즐 또는 방출구, 감지 장치와 같은 장비의 배치 및 크기 조절(sizing)에 필수적이다.



환기 시스템(VENTILATION SYSTEMS)

산업시설에서 환기시스템이 요구될 수 있다. 그것은 플랜트 운전원에게 세심하게 관리된 작업 환경을 제공하고 유출, 누설, 또는 화재 사고 시 거주자가 탈출하는데 위험을 최소화 한다. 목적을 달성하기 위해, 옥외에 배기가스를 배출하는 대책과 함께 특정지역에서의 전용 배기시스템이 수시로 요구된다. 또한, 일부 공정 지역에서

는 공기보다 무거운 증기를 완전히 교체하기 위해 낮은 높이에서 공기를 공급하고 배출하는 것이 요구될 수 있다.

공정지역에서 가연성 증기 농도의 계산과 같은 화재 위험분석을 수행할 수도 있다. 산업표준은 폭발하한계(LEL : Lower Explosion Limit)의 25% 이하로 유지하는 것이다. 그러나 시설의 제약은 해당 장소의 농도가 LEL의 25%를 초과하는 시나리오를 초래할 수 있다. 예를 들어, 특정 제약 공정은 해당 지역의 청결 수준을 유지하기 위해 해당 실 배기의 재순환이 필요하다. 배출 공기의 재순환과 함께 증기 농도의 계산이 이루어질 수 있으며, 그것은 LEL의 25% 초과로 나타날 수 있다. 이것은 폭발방지방법이 채택된다면, 용인될 수 있다. 가능한 접근 방법으로 LEL 탐지와 배기가스 배출(정화) 속도를 연동제어 시키는 것을 포함할 수 있다. 설비 직원과의 논의가 필요하므로, 비상 시 피난과 화재 부서(소방서)의 대응뿐만 아니라, 경보 및 연동제어(Interlock) 지점(Point, LEL% 및 배출 장치 배출량)에 대한 동의가 있어야 한다.

실시간 배출 모니터링과 같은 설비의 기능은 시설 직원에게 자동으로 화학 물질의 유출 또는 환기에서의 손실을 알리는 것과 그들이 긴급 대응을 시작하는 것, Log Data(가동 중인 컴퓨터 시스템 내에서 발생하는 장애에 대처하기 위해 데이터 장애 발생 직전의 상태로 복원하기 위한 필요한 정보가 들어 있는 것) 및 화재 사건의 원인을 규명할 수 있도록 시간을 맞추는 것이다.

전기 및 전력 시스템(ELECTRICAL AND POWER SYSTEMS)

산업시설 설계에서 가장 일반적인 논의 중 하나는 전기 및 전력 시스템에 관련된 것이다. 비상 또는 예비 전력, 그리고 해당 전력 설비가 얼마나 오래 지속 되는지가 포함된 시스템에 대한 명백한 합의가 있어야 한다. 지속적인 공기 순환과 요구되는 문 개방 힘(제연 시)을 충족시킬 수 있는 비상 전력이 환기 시설에서의 공급과 배출에 필수적일 수 있다. 만약 단지 배기 시설만 비상 발전기에 연동된다면, 증기 농도의 감소는 제한될 것이며 피난이 어려워질 수 있다.

산업 플랜트는 Class I 또는 II, Division I 또는 II 등급이 아니면서 NEC(National Electrical Code)의 요구 사항을 충족시켜야 하는 장비가 있는 곳에는 수많은 위험한 전기적 분류 과제를 가지고 있다. NFPA 497 및 NFPA 499는 전기적 분류 영역의 범위를 나타내는 데 사용되는 유용한 도구이다. NFPA 496은 플랜트 내부의 컨

트롤 룸(Control Room, 플랜트의 총괄제어시스템인 DCS(Distributed control system) 등이 설치된 장소이며, 양압을 유지하는 장소}과 같은 밀폐된 거실에서의 배출 또는 가압에 대한 또 다른 참조 사항이다.

컨트롤 및 인터록(CONTROLS AND INTERLOCKS)

모든 산업 설비는 수많은 특별한 감지 장치, 경보 설비, 연동제어 장치를 가지고 있다. 핵심은 조작 장치 및 연동제어 장치가 어떻게 작동할 것인지와, 그것들이 작동 되었을 때 어떤 일이 발생하는지를 이해하고 문서화 하는 것이다. 문서(서류)는 경보 지점을 지정해야 하고, 누가 알람에 대응할 것인지, 대응 절차, 전체 시설이 피난대상인지 만약 그렇다면 작업자들이 건물에서 피난하기에 앞서 공정 및 위험 물질을 안정화시킬 것인지를 명시해야 한다.

감지 장치 및 조작 장치는 특정 위험에 대응해야 한다. 예를 들어, 불꽃감지기가 수소 누출의 연동 제어에 포함된다면 UV/IR 스펙트럼으로 수소 화염을 식별할 수 있어야 한다.

산업 설비의 화재 방호 설계 작업의 후속 조치로, 조작 장치 및 연동제어 장치를 검토하기 위해 현장을 종종 방문하고, 초기 위험분석 및 전문적인 기준 검토에 대한 요구사항을 만족하는지 확인하는 것이 있다. 이러한 시스템의 승인테스트를 직접 보고, 작업 절차 및 권장된 성능이 일치 하는지를 확정 짓는 것은 소방엔지니어에게 좋은 연습이 될 것이다.

Jonathan M. Eisenberg is with Rolf Jensen & Associates, Inc.

References(참고 문헌):

1. Property Loss Prevention Data Sheet 7-44, "Spacing of Facilities in Outdoor Chemical Processing Plants," FM Global, Norwood, MA, 2012.
2. Property Loss Prevention Data Sheet 7-91, "Hydrogen," FM Global, Norwood, MA, 2012.
3. Guidelines for Fire Protection in Chemical, Petrochemical, and Hydrocarbon Processing Facilities, American Institute of Chemical Engineers, New York, 2003.
4. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories, U.S.

-
- Department of Health and Human Services, Bethesda, MD, 2009.
5. International Building Code, International Code Council, Washington, DC, 2012.
 6. International Mechanical Code, International Code Council, Washington, DC, 2012.
 7. NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems, National Fire Protection Agency, Quincy, MA, 2014
 8. NFPA 70, National Electric Code, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2014.
 9. NFPA 497, Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2012.
 10. NFPA 499, Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2013.
 11. NFPA 496, Standard for Purged and Pressurized Enclosures for Electrical Equipment, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2013.
-

출처 : Fire Protection Engineering. Oct. 1, 2013.

번역 : 특수진단팀 사원 이준혁