

FCCU의 HAZOP 分析

HAZOP 분석에서 도출된 권장사항은 3개소의 다른 정유공장 내 流動床式 접촉 분해 공정의 검토를 통해 안전 및 운전 개선을 위해 제시하게 되었다.

流動床式 접촉 분해 공정(Fluid catalytic cracking unit : FCCU)에는 종업원 및 공중에 미치는 리스크를 최소화하기 위해 효과적으로 관리해야 할 본질적 위험이 내포되어 있다. 최근 실시된 FCCU HAZOP 검토 권장사항의 수와 특성은 HAZOP 검토 기법이 이들 단위 공정내 공정 위험을 파악하는데 잘 적용된다는 것을 설명하고 있다. 그리고 이 자료에서 논의하는 권장사항은 HAZOP 기법을 이용하여, FCCU 같은 단위공정내 공정안전관리를 개선할 수 있고, 정유공정시스템내 위험 사고의 빈도 및 결과를 줄일 수 있다.

■ 안전에 새로운 강조

1980년대 동안 정유 및 화학공업에서의 여러 대참사 사고발생으로 공정안전에 대한 공공 관심이 한층 강해졌다. 이러한 고조된 공공관심에 대한 반응으로 산업체(API 권장실무 750 공정안전관리, AICHE 화학공정안전센터 지침 및 화학제품제조협회 Responsible Care Program), 연방정부(대기청정법 수정안(Clean Air Act Amendments) Section 304와 고독성 물질의 PSM에 대한 OSHA 최종규칙), 몇개의 주정부(뉴저지 Toxic Catastrophe Prevention 법령, 캘리포니아 Acutely Hazardous Materials Risk Management 법령과 델라웨어 Extremely Hazardous Substances Risk Management 법령)에 의한 새로운 공정안전관리(PSM) 지침이 제시될 수 있었다. 산업체 지침에선 이행을 권장하고, 연방 및 주 정부 지침에선 지정수량(speci-

fied threshold quantities)을 초과하는 독성물질, 인화성 물질을 수용한 공정 시스템에 대해 공정위험 분석(PHAs)을 수행토록 명하고 있다. 결과적으로 정유 및 화학업체에서는 광범위한 공정 시스템에 대한 PHA를 수행 중이다.

그러한 하나의 공정 시스템이 FCCU이다. 이들 단위공정에서는 다량의 유독성 황화수소(H_2S)와 경질 탄화수소(화재 및 폭발위험)를 생성한다. 1977년과 1991년 사이 5가지의 중대사고가 FCCU에서 발생하여, 사상자와 엄청난 재산손실을 야기하였다. John Gray Institute에 따르면, 가장 최근에 발생한 FCCU사고에서 12명이 사망하고 52명이 부상당하였다고 한다. 또한 Marsh와 McLenman은 4건의 사고에서 평균 1억불 이상의 재산손실이 있었다고 발표하였다(가장 최근의 사고에 대해서 아직 재산손실액이 알려진 자료가 없음).

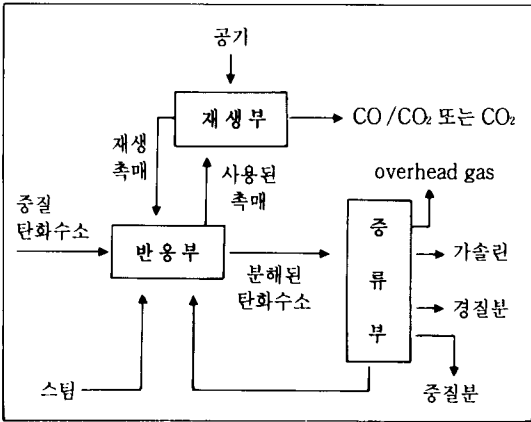
FCCU운전과 관련한 본질적 위험은 종업원과 공중에 노출된 위험을 최소화하도록 반드시 효과적으로 관리하여야 한다. HAZOP 검토기법을 이용하여 이들 위험의 파악 및 관련 리스크를 관리하는데 도움을 줄 수 있다. 최근 3개 정유공장에서 FCCU의 HAZOP 분석으로 장치수명, 유지관리지침, 시험 원칙, 계장 및 경보의 근본개념과 기타 요소에 영향을 미치는 위험을 발견하였다. HAZOP분석에서 제시된 권장사항을 이행하므로써 이들 장치에서의 위험 사고의 빈도 및 결과를 줄일 수 있다.

■ FCCU 시스템 개관

流動床式 접촉 분해(FCC) 공정은 고온 환경에서 촉매를 이용하여 고분자 탄화수소 물질(예, 가스 오일, 잔류물) 내 결합을 끊어, 다양한 범위의 경질 탄

화수소 제품을 생산한다. 이러한 접촉 분해 공정의 주요 생성물은 고 옥탄가 가솔린, 경질 올레핀, 증류 불 및 연료油 등이다.

현재 미국에는 여러 주요 FCC 공정허가권자가 있다. 각 FCCU설계에는 그 차체의 독특한 특징이 있으나, 열분해 공정에서 사용되는 전형적인 공정도는 그림 1과 같다. 실제 공정도와 장치는 지정된 설계 및 특이한 정유 필요성에 따라 변할 것이다.



〈그림 1〉 전형적인 FCCU 공정도

FCC공정은 3개의 별도 지역 즉, 반응부, 재생부와 증류부로 나눌 수 있다. 반응부에는 뜨거운(예, 600 °F [315°C]) 중질분의 탄화수소 흐름을 공급된다. 이 흐름은 액체 공급분을 증발시키고 접촉 분해 반응을 개시하는 에너지를 공급하는 고온의 촉매 흐름(1, 300°F [704°C])과 접촉한다. 저압 흐름(예, 50 psig [446 kPa]) 또한 반응부에서의 잔류시간을 줄이기 위해 탄화수소 공급분과 함께 주입된다. 일단 분해 반응이 일어나면, 촉매와 제품 증기는 원심분리기로 분리된다. 사용된 촉매는 재생부로 공급되고, 반응부에서 분해된 탄화수소 흐름은 가압하여 증류부로 보내진다.

재생부에선 열분해 반응시 촉매에 축적된 탄소 잔류물(코크스)을 제거하여 사용된 촉매를 재생한다. 공기를 재생부로 주입, 촉매 표면의 코크스를 산화하여 CO₂ 또는 CO/CO₂ 혼합물이 생성된 것을 가압하여 이송한다. 재생 촉매는 반응부로 돌려보내고 다시 탄화수소 흐름과 혼합된다.

증류부내 증류탑은 물질의 비점에 따라 제품을 5가지 상이한 흐름 즉, 탑저부 흐름, 중질분흐름, 경질분흐름, 가솔린 흐름과 탑상부 가스(overhead gas) 흐름으로 분리한다. 이 흐름은 (1) 열분해 반응에서 소모되지 않은 중질분 공급 물질과 (2) 생성물 증기에 의해 증류탑으로 운반된 잔류 촉매로 이루어져 있다. 이러한 촉매포함(catalyst-laden) 흐름은 통상 반응부로 보내져 다시 열분해된다. 중질분(예, 중질분 가스油의 비점 범위)과 경질분(예, 경질분 가스油의 비점 범위)은 탑에서 측류 흐름으로 배출되어 다른 공정의 원료 또는 제품 저장지역으로 펌핑된다. 가솔린분, 모든 경질 탄화수소 생성물(예, 비점이 가솔린의 비점 미만인 물질), 물과 증기 흐름으로 증류탑에서 배출된다.(가끔 가솔린분이 증류분 흐름으로 증류장치에서 배출되기도 한다.)

증류탑 상부 설비와 下流(downstream) 증기회수 장치 또는 가스 플랜트에선 탑상부 흐름의 성분을 분리한다. 가솔린은 저장지역으로 보내지고, 경질 탄화수소 물질은 다른 공정의 공급분으로 보내지며, 물과 H₂S는 처리 후 폐기된다.

■ FCCU HAZOP 검토 구성

OSHA PSM 규약에선 PHAs를 수행하는데 사용할 수 있는 여러 기법을 인정한다. 이들에게는 HAZOP 검토 기법, 결함유형영향분석(Failure Modes and Effect Analysis), Fault Tree분석, What-if 분석, 체크리스트 분석 및 What if/checklist 분석이 포함된다.

2가지 이유 때문에 문제의 3개소 FCCU에 대한 정성적 검토를 위해 HAZOP 검토기법을 선택하였다. 첫째, FCC는 운전 및 제어하기가 복잡한 정유공정이다. 또한 FCCU는 다양한 범위의 위험결과(화재, 폭발, 독성물질 유출 등)를 내포하고 있다. HAZOP 기법의 체계적 접근방법은 FCCU와 같이 많은 위험을 가진 대형의 복잡한 공정 시스템을 검토시 효과적으로 수행된다. 둘째, 공정위험에 대해 이제껏 검토하지 않은 현존 시설에 대해선, 사고를 일으킬 가능성이 아주 높은 중요한 하나의 결함(장치 결함이나 사람의 실수)을 발견하는데 체계적이고 철저한

HAZOP 검토방법이 도움을 준다.

HAZOP 기법을 진행함에 있어, FCCU 운전 대표자, 공정 엔지니어 및 유지보수 대표자를 포함한 하나의 팀을 각 정유회사에서 소집하였다. 팀에서는 또한 회의를 주재하는 HAZOP 리더와 결과를 정리하는 HAZOP 기록자가 포함되었다. 추가로 기타 전문가(환경 공학, 계측 공학, 점검 및 재료 부문의 기술자 포함)도 참여하거나, HAZOP 검토 회의시 제기되는 특정 문제점에 대해 자문을 하였다.

각 HAZOP 팀은 2내지 4시간씩 집중적으로 회의를 갖고, 하루 6시간씩 5일간 회의(특정검토의 지정범위에 따라 결정)를 하였다. 이들 FCCU HAZOP

회의의 주목적은 독성물질 유출, 화재, 폭발, 종업원 부상 또는 사망을 일으킬지 모르는 잠재된 단일 결함(즉, 장치결함 또는 사람 실수)을 파악하는 것이다.

공정도, P&ID, 배치도 및 운전절차를 이용하여, 팀에선 각 FCCU를 논리 공정 섹션(즉, 주요 vessel, 펌프, 열교환기, 연결 배관 등)로 나누었다. 그 다음 각 공정 섹션을 조사하고 섹션내 공정이 장치의 오작동 또는 인적 실수 때문에 의도되는 운전으로부터 어떻게 이탈할 수 있는지를 가정하였다. 이를 위해 팀에선 일반적 이탈사항의 표준 집합(표 1)을 사용하였고 필요시 추가적인 이탈사항을 가정하였다.

이탈사항 (Deviation)	공정 부문 유형				
	탑	용기/탱크	배관	열교환기	펌프
High flow			×		
High level	×	×			
High interface		×			
High pressure	×	×	×		
High temperature	×	×	×		
High concentration	×	×	×		
Low /no flow			×		
Low level	×	×			
Low interface		×			
Low pressure	×	×	×		
Low temperature	×	×	×		
Low concentration	×	×	×		
Reverse / misdirected flow			×		
Tube leak				×	
Tube rupture				×	
Leak	×	×	×	×	×
Rupture	×	×	×	×	×

팀에선 각 이탈사항의 예상 결과를 평가하였고, 만약 그 결과가 검토 목적에 부합한다면 이탈사항의 특정 원인을 가정하였다. 그런 후 팀에선 그러한 이탈사항의 발생 가능성 또는 그 결과를 경감할 현존 기술 및 안전조치를 파악하였다. 현존 안전조치가 부적합하다고 판단된 지역에서는 팀은 이탈사항의 빈도 또는 결과를 줄이기 위한 대책을 제시하였다. 이행

또는 결단을 내릴 적당한 정유공장 관계자와 의견교환을 할 수 있도록 HAZOP검토시 이들 제시사항을 문서화하였다.

■ HAZOP의 중요 결과

3개소의 FCCU에 대한 각각의 HAZOP 검토 결과, 검토한 장치의 안전 및 신뢰성 개선을 위한 150~

200항목의 권장사항이 생성되었다. 다음은 검토 결과인 상세한 특정 권장사항에서 몇 가지를 종합한 것이다. 이들 제안사항 중 몇가지는 설계 또는 운전의 상이점 때문에 모든 FCCU에 적용되는 것은 아닐 것으로 생각된다.

■ 모든 릴리프 밸브의 설계근거가 적정한지, 플레어/ 블로우다운 헤더의 설계근거가 적합한지 그들의 릴리프 경로로부터 압력용기를 차단할 수 없는지를 확실하게 하라.

압력용기 및 배관을 벤트하는 안전밸브는 FCCU에 대한 과압 방호를 제공한다. 이들 밸브 몇몇은 정유 플레이어로 유도되는 헤더로 방출되고, 얼마간은 블로우다운 탱크로 유도되는 헤더로 배출되며, 몇가지는 대기로 직접 배출된다.

릴리프 밸브는 신뢰할 수 있는 최악의 시나리오를 벤트하도록 설계한다. 이들 시나리오는 하나의 릴리프 밸브에서 여러 가지까지 다양하다. 예를 들어, 하나의 밸브가 압력 용기로부터 흐름이 화재시 막힌 경우 압력 용기를 벤트하도록 설계되었고, 다른 밸브는 용기 또는 배관으로부터 흐름이 갑자기 막혔지만 상류부 펌프가 여전히 작동하는 경우 벤트되도록 설계되었다고 하자. FCCU는 시간이 경과함에 따라 장치의 개선 및 변경 때문에 릴리프 밸브에 대한 최악의 경우 시나리오는 변할 수 있다. 예를 들면 새로운 펌프 임펠러 설치하는 공정의 한 지역에서 운전 변수가 변할지 모른다(예, 신 펌프가 구형펌프에 비해 더 큰 펌핑 용량 또는 더 높은 토출 압력을 가지는 경우). 그러므로 모든 릴리프 밸브의 설계근거는 합리적인 최악의 경우 시나리오가 여전히 타당한지를 확실하게 하도록 재검토하여야 한다.

릴리프 밸브와 마찬가지로 릴리프 헤더 역시 확실한 최악의 경우 시나리오를 벤트하도록 설계한다. 그러나 이들 시나리오는 릴리프 헤더가 유틸리티의 손상(예, 장치에 공급되는 냉각수 손상 또는 장치에의 전력 미 공급)시 발생할 수 있는 다중 릴리프 밸브 방출물을 벤트하도록 통상 설계되기 때문에 릴리프 밸브에 대한 시나리오보다 훨씬 더 광범위한 근거를 두고 있다. 릴리프 밸브처럼 릴리프 헤더에 대해서도

상당한 최악의 경우 시나리오가 장치 개선 또는 변경으로 변할 수 있다. 예를 들어 장치에서 필요로 하는 냉각수량이 원료 처리량의 개선 때문에 증가된다면, 그뎨 장치로의 냉각수 손실로 인한 일시적 과압이 원 설계에서 예상했던 것보다 더 많은 릴리프 밸브에서 릴리프 헤더로 벤트될 수 있다. 그러므로 플레어 및 블로우다운 헤더에 대한 설계근거는 이들 근거가 현재 운전조건에 적합한지를 확실히 재검토하여야 한다.

변경 역시 우연히 릴리프 경로에서 용기를 차단할 기회를 제공하여, 몇몇 압력용기의 릴리프경로에 역시 영향을 줄 수 있다. 예를 들면, 유지보수 또는 기타 조작을 위해 이따금 압력용기와 릴리프 밸브 사이에 블럭 밸브를 설치하고, 운전시 밸브가 개방되었는지를(즉, chained and locked open 또는 car sealed open) 확실히 하기 위한 어떠한 조치도 취하지 않을 수 있다. 만약 이들 블럭 밸브 중 하나가 유지보수후(예, 정비 후) 폐쇄상태로 있다면, 용기는 정상운전으로 복귀시 누군가가 알리지 않은 상태에서 릴리프 경로에서 차단될 수 있다. 그러므로 압력용기와 그것의 릴리프 밸브 사이의 어떠한 블럭(block) 밸브도 chained and locked open 또는 car sealed open인지를 확실히 하기위한 조사를 해야 한다.

■ 종류탭 릴리프 밸브의 rupture disk upstream의 점검 절차 및 주기를 검토하라.

많은 FCCU에서 각 종류탭 릴리프 밸브의 rupture disk 어셈블리는 종류탭 상부에서의 환경 부식으로부터 밸브를 보호한다. 어셈블리는 다이어프램(diaphragm)과 릴리프 밸브사이의 압력계가 달린 2개의 플랜지 사이에 설치된 금속 박막(thin metal diaphragm)으로 구성된다. Rupture disk와 릴리프 밸브 사이의 공간으로부터 자유롭게 드레인이 되도록 하기 위한 소공(小孔 : weep hole)이 있다.

Rupture disk downstream측에서의 압력이 증가한다면 rupture disk는 적합하게 작동할 수 없다. 왜냐하면 disk 개방은 금속 박막 관통부의 압력차에 기초하기 때문이다. Rupture disk가 적정 작동조건에 있는지를 확실히 하기 위해선, 어셈블리는 반드시 주기적으로(즉, 일일 또는 주 단위로) 점검해야 한다.

이러한 점검에는 rupture disk와 릴리프 밸브 사이의 공간에서 어떠한 압력도 증대되지 않도록 확실하게 하기 위한 압력계를 조사하는 것과 어떠한 액체도 (즉, 응축이나 과열판으로 부터 누설되어) 축적될 수 없도록 확실하게 하기 위해 소공을 조사하는 것이 포함된다. 만약 이러한 공간에 압력 누적 또는 액체 축적이 있다면, 릴리프 밸브는 적합하게 개방될 수 없어서 이로 인하여 증류탑에 과도한 압력이 생성될 수 있다. 그러므로 증류탑 과열판 점검 절차 및 주기를 검토하는 것이 중요하다.

■ 반응부 주위의 지지 구조 요소에 대한 점검 사항을 검토하라.

FCCU 반응부내 운전 온도는 1,000°F (538°C)를 초과할 수 있다. 이러한 높은 운전 온도는 배관의 사하중(死荷重 : dead load)에 대한 일정한 지지대를 설치시 열적 팽창을 허용하는 특별한 배관 지지 시스템을 필요하다. 지지대는 유동을 수용하는 능동적 구성요소이다(예, 회전 hinged counterweigh 또는, 케이블이나 풀리(Pulley) 시스템을 갖춘 counterweight). FCCU는 시간이 경과함으로써 부식으로 인하여 이들 지지부는 약해진다. 만약 지지부가 결함을 일으키는 점까지 약해지면, 인근 지지부 상의 하중은 증가할 것이다. 결과적으로 배관은 이를 지지할 충분한 요소가 없으므로 붕괴될 것이다. 기록상 이들 지지 요소는 점검 및 유지보수 프로그램에서 우선 순위가 낮으며, 따라서 매우 자주 점검하지도 매우 신속하게 보수하지도 않는다. 그러므로 배관지지부를 정기적으로 점검하고 필요시 즉시 보수되는지를 확실히 하도록 반응부내 점검 프로그램을 검토해야 한다.

■ 촉매 덤프 시스템내 코크스의 잠재된 결과를 조사하고 필요하다면 수정 조치를 취하라.

공기 흐름은 재생탑에서 저장 드럼으로 촉매를 운반한다. 만약 촉매상에 코크스가 공기흐름과 접촉하기 전에 제거되지 않는다면, 코크스는 배관에서 연소가 시작되어 이 배관의 설계등급을 초과하는 온도를 생성한다. 추가로 CO(코크스 연소 생성물)는 저장 드럼내 축적되어 잠재적으로 공기와 인화성 혼합물

을 형성한다. 그러므로 덤프 온도가 배관 재질의 설계 온도를 초과하지 않는지를 확실히 하도록 촉매 덤핑시 배관 온도를 측정하여야 한다. 또한 저장드럼은 드럼내 존재하는 CO량을 결정하기 위해 샘플을 취해야 한다.

만약 온도 측정 결과 코크스가 촉매 덤핑시 배관에서 연소 중이거나 저장 드럼 샘플링 결과 과도한 양의 CO가 드럼내 존재한다면, 그뎨 보완 조치가 필요하다. 보완 조치 중에는 덤핑시 경험한 온도를 다룰 수 있도록 배관의 품질을 높이거나, 드럼내 어떠한 CO 누적을 운전원에 경보를 발하도록 촉매 드럼에 CO 및 공기에 대한 폭발제한 경보장치를 설치하거나, 코크스 연소 가능성을 제거하기 위해 덤핑시 사용하는 매체를 공기에서 질소로 교체하는 것이 포함된다.

제어실은 독성 및 인화성 물질 유출에 대해 충분히 방호되도록 확보하라. 주요 공정의 전복시 제어실에는 운전원들이 FCCU를 안전하게 가동 중지시키기 위해 반드시 머물어야 한다. 그러므로 제어실은 인화성 및 폭발성 물질(예, 프로판 또는 부탄) 유출과 독성 물질(예, H₂S) 유출로부터 “안전한 피난처”이어야 한다.

■ 안전한 피난처가 되기 위해서는 제어실은 인화성 및 폭발성 물질 유출로 인한 예상 증기운 폭발로부터 종업원을 안전하게 하기 위해 폭발내력이 있어야 한다.

제어실은 운전원이 공정을 가동 중지시킨 후 필요하다면 피난하도록 충분히 독성 및 인화성 물질이 없도록 유지해야 한다. 운전원에게 공정을 가동 중지시킬 시간을 주기 위해서는 제어실의 환기 시스템은 (1) 인화성 물질 및 독성물질이 유입되지 않도록 양압(positive pressure)을 유지하고, (2) 인화성 및 독성물질이 제어실로 유입되는 경우 거주자에게 알려주도록 흡입구에 탄화수소 및 H₂S 감지설비를 설치해야 한다. 만약 거주자가 피난할 필요가 있다면, 제어실에는 필요한 안전 장비(방호복, 호흡기 등)를 구비하여야 한다.

그러나, 많은 FCCU에서 제어실은 공정장치에 너

무 근접하여 있어 제어실은 인화성/폭발성 물질과 독성물질 유출에 취약성이 증대된다. 그러므로 제어실은 이들 유형의 유출에 대해 충분히 방호되도록 하는 것이 중요하다. 몇몇 경우 언급한 안전시설 설치에 추가하여 제어실을 재배치하는 것을 포함시킬 수 있다.

■ **중요 경보에 대한 전용 표시 장치를 설치하고 경보시설은 정기적으로 시험하도록 하는 통제를 포함하여 적정 관리통제를 이들 중요한 경보체계**에 포함시키도록 하라.

많은 FCCU는 장치 내 공정 컨트롤러를 제어하는 분산제어시스템(DCS)으로 제어된다. 제어실내 운전원은 컴퓨터 화면을 통해 공정을 감시한다. 공정 변수가 안전 운전 범위밖으로 벗어나면, DCS는 운전원에게 알려준다. 그러나 주요 공정 전복시(예, 동력 차단) DCS 운전원은 공정 경보사항이 과도할 수 있기 때문에 어려움이 발생할지도 모른다. 이는 공정 전복을 예상했던 조건을 파악하기 위해 운전원으로 하여금 철저히 모든 보고된 경보를 구분하도록 하여 귀중한 시간을 소모하게 할지도 모른다. 따라서 DCS 운전원은 장치 내 모든 중요한 공정조건을 표시할 전용 표시장치(예, 표시 패널 또는 중요 경보에 대한 전용 컴퓨터 화면)를 가질 필요가 있다.

DCS와 관련 기타 예상되는 문제는 이들 시스템 중 몇몇은 운전원에게 중요한 경보를 임의로 동작하지 않도록 하거나, 중요한 경보 설정치를 임의로 변경하도록 허용한다. 따라서 중요 경보가 작동도록 하고 설정치의 적정 통제가 필요하다. 이들 통제에도 역시 중요 경보 및 그와 관련된 계측을 정기적으로(예, 매달) 시험하도록 확실히 해야 한다.

■ **다른 레벨 계측과 독립된 증류탑 고위 및 저위 계장(high and low level instrumentation)에 필요한 것을 평가하라.**

많은 FCCU에서는 한 세트의 계측이 증류탑의 액위를 제어 및 계측한다. 만약 이러한 레벨계측에서 결함이 발생하면(예, 레벨 전송기 결함) 제어실의 운전원이 인지 못하는 한, 고위 및 저위 행정이 일어날

지 모른다. 만약 고위행정이 일어나면, 반응부로부터 흐름은 차단될 것이고 잠재적으로 반응부내에서 압력상승이 일어난다. 만약 이러한 압력 상승이 운전원이 모르는 상태에서 발생하면 반응기에서 재생탑으로 역류를 일으킬 수 있다. 더욱이 증류탑 저위 행정은 탑내 온도 제어의 손실을 일으킬 수 있고 증류탑 하부 펌프는 공동현상을 일으킬 수 있다. 그러므로 다른 증류탑 액위 제어계측과 무관한 고위 저위 계측 및 경보(독립된 계측 탭(tap), 별도의 전송기 등)는 운전원으로 하여금 증류탑내 액위 행정에 항상 주의하도록 확실히 하도록 도와 줄 것이다.

■ **H₂S 감지설비의 능력과 H₂S 유출에 대한 운전원의 조치를 조사하라.**

FCCU에서 H₂S는 특히 부분적으로 밀폐된 장치(예, 순환펌프 및 압축기)에 있는 종업원들에게 독성 노출 위험이 있다. H₂S 유출을 적절하게 다루고 운전원이 신속하게 감지하기 위해선 고 농도의 H₂S를 수용하고 있는 장치(예, 증류탑 오버헤드 시스템에 있는 압력 용기) 주위나, H₂S 유출이 정상적인 운전 하에서 발생할 수 있는 장소(예, 빈번하게 시료를 채취하는 산성수 배관(sour water lines) 주위)에 감지기를 설치하는 것이 필요하다. 따라서 그러한 공정은 적정 H₂S 감지가 되도록 하는 것이 중요하다.

운전원은 또한 H₂S 유출에 신속하게 대응해야 한다. H₂S 유출에 신속한 대응을 위해선 운전원은 필요한 안전 장비(SCOT 공기 팩, 휴대용 H₂S 검출기 등)를 갖추어야 할 필요가 있다. 추가로 신속 대응에는 운전원이 장비사용에 대한 적정 훈련을 받을 필요가 있다. 이러한 훈련에는 안전 장비 착용동안 H₂S 유출시 필요한 차단 또는 구조 활동 실습과 고 농도 H₂S 지역 진입에 필요한 적정 절차 수행(예, 협력체계(buddy system))이 포함된다.

■ **화재대책, 긴급 차단 및 바닥의 배수 용량이 적정한 가를 확인하라.**

FCCU내 화재를 적절하게 다루기 위한 능력은 장치의 안전 운전보다 앞선다. 화재를 다룰 3가지 중요한 상황에는 장치 내 소방대책, 영향을 입는 부분으

로부터 기타 장치 부분을 신속하게 차단하기 위한 능력과 바닥의 드레인 시스템이 포함된다.

첫째, 장치 내 소방대책은 완벽하여야 한다. 대부분의 FCCU내 소방대책은 소화 모니터와 소방대로 구성된다. 그러나 몇몇 FCCU 지역은 부분적으로 밀폐되거나 또는 지상에서 너무 멀기 때문에 소화 모니터에 의해서는 충분히 보호되지 않는다. 부분적으로 밀폐된 지역(예, 압축기 플랫폼 또는 펌프 앨리(alley)은 소화 모니터에서의 물분무를 차단할 수 있으며, 소방대의 화재지역 접근을 막는다. 높은 지역(예, 재생탑)은 너무 높아 지상 높이의 소화 모니터로부터의 살수가 도달하지 않는다. 또한 장치 구조물 내 설치된 높은 위치의 모니터(예, 재생탑을 보호하기 위해 사용되는 반응기 구축물에 위치한 모니터)도 화재시 소방대가 접근할 수 없을 것이다. 그러므로 각 장치 내 설치된 소화설비를 검토하고 소화 모니터가 충분히 포용되도록 하는 것이 중요하다.

소방대책에 추가하여 운전원은 화재시 하나의 공정 지역 내 압력용기를 다른 지역 내 압력 용기와 신속하게 차단할 수 있어야 한다. 이러한 신속한 차단은 제어실에서 확실히 차단하도록 설치된 밸브(예, 모터 구동 밸브)를 폐쇄함으로써 달성될 수 있다. 이들 비상 밸브와 이와 상관된 계장시설(예, 밸브 몸체, 밸브 작동기 및 밸브 제어 케이블)은 화재시 사용할 수 있도록 내화조치(예, 2,000°F [1,093°C]에 견디도록) 하여야 한다. 밸브 및 이와 관련된 계장시설 또한 밸브가 필요시 작동하도록 정기적으로 시험하여야 한다(예, 제어실에서 밸브를 부분적으로 폐쇄). 만약 압력 용기를 신속하게 차단할 수 없다면, 파열용기 쪽이 감압되어 파열된 용기쪽으로 탄화수소 내용물이 유동, 결과적으로 화재에 연료를 공급하게 된다. 따라서 운전원은 다량의 탄화수소가 든 압력 용기를 다른 것과 신속하게 차단할 수 있어야 한다.

바닥의 배수 설비는 소화작업시 사용된 물을 제거하기에 적절한 크기이어야 한다. 몇 가지 구형 FCCU에선 배수 설비가 차단되거나 막혀 장치로부터 신속하게 물을 제거할 수 없다(예, 폭우시 물이 장치내로 모일 것이다). 소화 작업시 사용된 물은 이와 같이 장치 내 모여져 특히, 물의 표면상에 연소중인 탄

화수소가 떠 있는 곳이라면 소화작업을 하기 위한 소방대의 노력을 방해할 수 있다. 소화작업에 사용된 물을 제거하기에 충분한 크기인지를 확인하여야 한다.

■ 재생탑은 적절한 과압 방호가 되는지를 확실히 하라.

재생탑은 통상 저압(20 psig [239kPa]에서 30psig[308 kPa]의 범위)에서 작동되도록 설계되어, 이러한 설계 압력을 초과하는 것이 가능할 수 있다. 만약 재생탑으로부터의 흐름을 제어하는 활판(滑瓣: slide valve)이 닫히면, 용기로 부터의 흐름을 제한할 것이다. 흐름 차단 상황동안 반응기에서 재생 탑까지 소모된 촉매를 이송하는 공기 블로워 장치는 가끔 재생탑 설계 압력을 초과하는 압력을 생성할 수 있기 때문에 이러한 흐름 제한은 재생 탑 내압력상승을 일으킬 것이다. 유사한 방법으로 활판이 닫혔을 때 스팀 라인이 사용되면 용기 내 압력이 상승할 것이다. 왜냐하면 정비시 재생탑을 청소하기 위해 사용되고, 공기 블로워의 백업 시스템으로 사용되는 이들 라인은 흔히 재생탑 설계 압력(예, 50psig [446 kPa] 또는 150psig [1,135 kPa]) 이상에서의 흐름을 포함하고 있기 때문이다. 그러므로 재생탑은 적정 과압 방호가 되도록 하는 것이 중요하다.

■ 증류부에서 제품 저장에 이르기까지 진행되는 토출 흐름의 온도를 감시하기 위한 필요성을 평가하라.

증류부에서 배출되는 뜨거운 제품 흐름(예, 700°F [371°C]를 초과할 수 있는 온도)은 FCCU에서 토출되기 전에 일반적으로 냉각된다. 만약 이들 흐름 중 하나를 냉각할 능력이 손상되면(예, 냉각수나 냉각기로의 공정 흐름의 손실 또는 냉각기를 우회통과), 뜨거운 공정 물질은 탱크내에서 탄화수소를 증발시키거나 저장 탱크내에서 증발하여 물이 축적하게 된다. 이것 또한 저장탱크내에서 과도한 압력을 야기하고 탱크 결합 또는 탄화수소 유출을 일으킬 수 있다. 그러므로 이들 제품 흐름의 온도는 제어실에서 감시하거나 또는 경보를 발하여 제어실 운전원으로 하여금 잠재적인 공정 전복을 경계하도록 할 것이다. (M)