

# 석유 · 화학업종 보수작업 시 안전



## I. 개요

울산 석유화학단지는 제1차 경제개발 5개년 계획으로 1962년 울산공업센터로 조성된 뒤 75년 산업입지개발구역으로 지정·개발되어 국가적인 면모를 갖춘 중화학공업단지로 발전하였다. 최초로 들어선 산업체는 대한석유공사의 정유공장이며, 이것을 주축으로 하는 석유화학계열의 공장들이 들어섰다.

단지가 조성된 이래 현재 정유, 비료, 석유화학계열 업종이 입주하고 있는 국내 최대규모의 중화학공업기지로서 에너지, 비료, 석유화학 등 산업용 원료소재의 안정적인 공급과 첨단기술을 통한 미래 신제품개발에 주력함으로써 고도의 산업사회를 이룩하는데 중추적인 역할을 담당하고 있다.

그러나 이러한 국가 중화학산업의 중추적인 역할 이면에는 많은 유해위험물질의 제조, 취급으로 인한 화재·폭발·독성물질 누출 등 중대산업사고발생 잠재 위험성이 상시 존재하고 있으며 최근에는 유해위험물질 저장탱크, 공정기기 등의 정비작업시 화재폭발 사고가 증가 추세에 있어 이에 대한 대책마련과 석유화학제품을 생산하는 공정기기, 저장탱크, 배관시설 및 입·출하 설비에 대한 안전관리 강화가 필요한 실정이다.

따라서 과거 15년간 산업단지를 중심으로 발생되었던 총 59건의 중대산업사고와 최근 3년간 발생된

중대산업사고 경향 등을 집중 분석하여 주요 발생원인과 이에 대한 대책을 살펴보기로 한다.

## II. 화학공장 중대산업사고 집중 분석

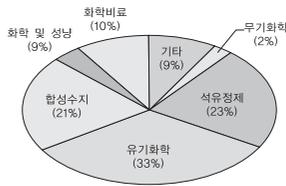
지난 15년간 산업단지에서는 총 59건의 중대산업사고가 발생하여 68명이 사망하고 245명이 상해를 입었다. 이들 사고중 대형 중대산업사고 발생 내용을 간략히 살펴보면 1989년 ○○화학(주) ABS 압출 공정 폭발로 23명이 사망하고 20명이 상해를 입었으며, 1994년에는 ○○케미칼(주) TDI공정에서 누출사고로 3명이 사망하고 39명이 부상을, 1996년에는 (주)○○공장에서 폭발로 5명 사망, 2000년에는 ○○(주) MEK-PO 공장 폭발로 7명이 사망하고 19명이 부상을 입었다.

최근에는 ○○석유화학(주) PE공장에서 화재폭발로 1명이 사망하고 7명이 부상을 입는 등 짧게는 2년에서 길게는 5년 주기로 대형 사고가 발생되고 있는 것을 알 수 있으며 이들 중대산업사고를 좀더 세부적으로 분석하여 보면 다음과 같다.

### 1. 업종별

석유정제업과 유기화학제품제조업에서 전체 59건 중 32건(56%)이 발생되었고, 기타화학업종에서 21건(36%), 기타 업종에서 5건(8%)이 발생되었으며 석

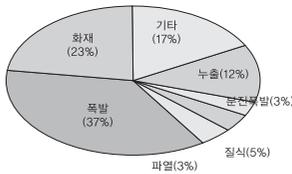
유정제업은 95년부터 97년까지 공장 증설기간에 집중 발생한 것으로 분석되었다. 따라서, 신규공장의 증설공사와 시운전기간에 재해예방대책 수립이 필요한 것으로 나타났다.



〈업종별 중대산업사고 발생비율〉

## 2. 형태별

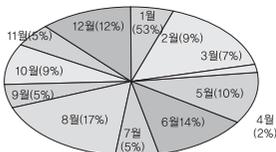
전체 발생 재해중 화재와 폭발이 34건 발생하여 전체재해의 59%점유하고 있으며, 질식사고는 총 3건에 불과하지만 일단 발생하면 많은 사망자 발생으로 귀결되므로 철저한 안전작업절차 준수가 필요하다.



〈형태별 중대산업사고 발생비율〉

## 3. 월별

시기별 발생건수는 연중 고르게 분포되어 있어 특정시기별 예방대책이 아닌 연중 지속적인 관리가 요구되고 있으며, 다만 6월부터 8월까지 하절기 및 휴가철 기간에 36%의 재해가 발생되었다. 따라서 하절기 재해예방 대책 수립이 특히 요구되고 있다.



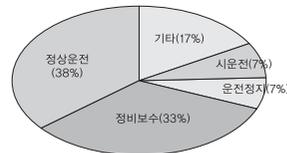
〈월별 중대산업사고 발생비율〉

## 4. 장치별

화학공장의 주요 구성설비인 공정기기와 배관계통에서 23건 발생으로 40%를 차지하고 있어 공정안전보고서 심사·확인검사 시와 현장기술지도시 본설비에 대한 중점적인 지도가 요구되며, LPG 이동용 탱크로리의 입·출하 작업 중 발생한 사고가 6건(10%) 점유하고 있다.

## 5. 운전상태별

정상운전 작업 중에 비정상적인 이상 징후가 나타나거나 비정상적인 상태에서 무리한 운전으로 인하여 발생한 사고도 전체의 36%(20건)을 차지하고 있다. 생산설비의 연차 정기보수기간 중에 사고도 19건(33%) 발생하여 가장 중점적으로 예방에 치중해야 할 것으로 분석되었다. 운전정지시 발생한 사고는 설비가 불안정하여 운전을 정지시키고 점검하는 과정에서 발생한 사고이다.



〈운전상태별 중대산업사고 발생비율〉

## 6. 운전상태별 · 월별

운전상태별에 따른 계절적 또는 시기별의 발생 특성은 발견할 수 없으나 하절기 휴가철을 이용하여 보수작업을 실시하는 8월 중에 다소 증가하고 있는 것으로 나타났다. 보수점검이나, 설비의 정비 중에 나타나는 사고는 작업에 따른 사전조치와 절차의 미준수, 작업 중 관리감독 소홀로 기인한 사고가 대다수를 차지하고 있어 보수점검 작업수행 시에는 안전작업절차 준수와 철저한 관리감독이 요구된다.

## 7. 원인별

관리감독 소홀로 인한 사고가 24건(41%)을 차지하며, 감독소홀은 작업전 사전안전조치를 취하지 않았거나, 해당 작업에 대한 작업절차나 안전수칙에 대한 교육 등을 통한 위험성을 전달하지 않은 원인으로 분석되었으며 설비결함으로 인한 사고는 설비의 정비·점검을 철저히 실시하지 않아 발생된 것으로 나타났다.

또한 설계결함이나 공정결함에 의한 사고는 공정설계시 안전성과 신뢰성을 고려하지 않은 것으로 나타나, 철저한 설계관리와 심사가 필요한 것으로 분석되었으며 운전조작 미숙은 17건(29%)으로서 정비작업자, 운전자의 실수가 원인인 것으로 분석된다.

한편 최근 3년 사이에 발생한 중대산업사고의 경향을 살펴보면 다음과 같이 발생한 5건의 사고가 모두 정비·보수작업 중에 발생되고 있는 특징을 알 수 있다.

- 2001. 10. 5 ○○석유화학 나프타저장탱크 내부 청소 작업중 폭발(사망 4명)
- 2001. 9. 24 ○○석유화학 황산저장탱크 보수 작업중 폭발(사망 1명)
- 2001. 10. 15 ○○NCC 수소배관 차단밸브 보수중 폭발(사망 1명)
- 2003. 3. 12 ○○화학 SM공장 에틸벤젠 탱크 내부 청소작업 중 폭발(사망 1명)
- 2003. 10. 3 ○○석유화학 PE공장 핵산 누출(사망 1명, 부상 7명)

## III. 사고예방을 위한 근본 대책

현재까지 발생한 중대산업사고를 분석한 결과를 토대로 발생원인을 살펴보면 크게 관리적 원인과 구조적 원인으로 나누어 볼 수 있다.

관리적 원인으로는 정비보수 작업전 안전작업절차에 따라 사전안전조치를 취하지 않았거나 작업자

들이 안전작업절차를 준수하지 않음으로 인하여 사고가 발생되고 있으며, 또한 정비보수 작업시 관리감독자의 철저한 현장 안전점검을 실시하지 않은 상태에서 임의로 작업을 실시하거나 설비변경시 사전 위험성 평가 실시 미비 등 관리감독 불충분에 의하여 발생된 것으로 분석된다.

한편, 기업 경영의 구조적인 원인도 중대산업사고 발생의 주요 원인으로 분석되었다. IMF 관리체제 이후 기업의 구조조정 과정에서 경험이 많은 현장관리 인원의 대폭 감소로 인하여 작업자의 현장관리업무 범위가 증가되어 정비보수작업과 설비변경 등 비정상작업시 사전안전성 검토 및 협력업체 관리기능이 약화되었을 뿐 아니라 부서간 협조체제 기능 약화, 책임회피 등 현장의 관리감독기능이 약화되었다. 더욱이 최근 노사문제 및 생산원가절감을 위한 증원억제 방침에 따라 작업의 외주화 증가, 경험이 적은 미숙련자의 배치 증가 등 복합적인 문제로 인하여 중대산업사고가 발생된 것으로 분석되었다.

따라서 지난 15년간 발생한 중대재해 발생원인 분석을 토대로 여수산업단지의 중대산업사고를 예방하기 위해서는 다음과 같은 대책 마련이 시급한 실정이다.

### 1. 석유화학공장 특성에 맞는 안전관리 조직 운영

석유화학공장은 단위공장이 여러 개 집합되어 있는 복합공장(Complex)의 형태를 이루고 있는 특징을 갖고 있으므로 단위공장별 안전관리계획 수립·이행 및 현장 내 정비·보수작업, 설비변경 등 비정상적인 작업시 사전안전성 검토 그리고 안전작업 절차 이행교육실시, 작업절차서 발생, 이행여부 확인 등 재해예방 업무수행을 철저히 수행하기 위해서는 단위공장별 전담 안전관리 인원 증원 등 단위공장별 현장 라인 안전관리 조직이 강화되어야 한다.

## 2. 노사합동의 안전수칙 준수 풍토 조성

중대산업사고 예방을 위해서는 전 직원이 함께 참여하는 전사적 안전수칙 지키기 운동과 작업전 위험 예지, 지적확인 활동 전개 그리고 팀별, 개인별 안전 활동 활성화를 위한 상벌제도 강화 등 작업자 스스로 안전수칙을 철저히 준수할 수 있는 자율안전문화 풍토 조성을 위하여 노사가 화합하여 합동으로 노력하여야 한다.

## 3. 기술인력의 적정 관리

IMF관리체제 이후 기업으로부터 많은 경력사원이 퇴직함으로써 현장 작업자의 평균 업무경력이 짧아지고 있으며 작업의 외주화가 증가하는 추세에 있다. 그러나 수많은 위험물과 고온, 고압의 복잡한 공정을 취급하는 석유화학산업은 자칫 작은 실수가 대형재해로 이어질 수 있는 작업공정의 특성상 응급상황에서 적절히 대처할 수 있는 작업특성별 적정한 인원의 경력자가 배치될 수 있도록 현장기술, 관리 기능 연계를 위한 장기인원 관리 계획 및 이행이 필요하다.

## 4. 계층별 간담회 안전교육 강화

석유화학공장은 2년 내지 3년 주기로 공장운전을 중지하고 공장에 따라서 약 20일에서 50일간의 대 정비 작업을 실시하고 있는데, 이 기간에는 수백명에서 수천 명의 외부 협력업체 근로자가 공장을 출입하고 있어 재해발생위험이 높다. 또한 운전 중에도 지속적인 유지보수가 이루어지고 있는데 전술한 바와 같이 최근에는 이러한 정비보수작업 중에 재해가 많이 발생되고 있다. 따라서 협력업체 근로자 상설교육장 운영을 통하여 석유화학 플랜트 정비보수 작업 관련 협력업체 근로자 및 사업주 교육이 강화되어야 하며 모기업에서도 위험작업별 안전관리 기법, 설비 변경시 사전안전성 검토 기법, 화재폭발에 의한 피해예측 및 비상조치 계획수립 기법 등에 대

한 현장 관리감독자 교육을 강화하여야 한다.

## 5. 사고피해예측 프로그램을 이용한 피해최소화 대책 수립

석유화학공장에서 발생하는 사고는 대형 중대산업사고로 이어질 수 있는 위험성이 크기 때문에 앞서 말한 철저한 중대산업사고 예방활동은 물론 설비별 최악의 상황을 고려한 가상시나리오를 설정하고 피해확산 범위를 산정하여 예방대책 수립, 피해확산 방지, 주민대피 계획 등을 수립하여 사고발생시 신속하고 정확히 대처함으로써 피해최소화를 위한 주기적인 비상대응훈련을 실시하여야 한다.

## IV. 설비의 확인과 검사

### 1. 플랜트의 시운전 전 확인

운전전 확인 혹은 최초의 시운전(운전확인 또는 시운전)은 플랜트가 특히 위험한 기간이다.

이 기간이 이후의 운전에 영향이 미치는 오조작을 하거나, 손상을 입거나하는 시기이기도 하다. 더욱이 플랜트를 전부하 생산으로 까지 가지고 가는 것이 늦어지면 플랜트의 경제면에 현저한 영향을 미치는 경우도 있다.

이러한 일로 능률적인 플랜트의 운전개시가 가능한 조직을 만들고 또 충분한 자재와 인력을 할당하는 일이 절대로 필요하다.

플랜트의 시운전 전 확인시 중요한 특징에는 다음과 같은 것이 있다.

- (1) 조직과 인원
- (2) 계획과 일정관리
- (3) 문서화
- (4) 관리준비와 훈련
- (5) 운전준비
- (6) 운전원에 대한 훈련
- (7) 보전준비

- (8) 조사와 시험
- (9) 안전감사
- (10) 시운전 전 확인의 문제점
- (11) 시운전 전 확인의 위험성
- (12) 인도
- (13) 최초의 시운전
- (14) 종결

이러한 것에 관하여 순차적으로 고찰해간다.

다음에 시운전 전 확인의 몇 가지 문제점이나 위험성에 관하여 서술한다. 그러나 많은 경우 이러한 문제는 우수한 조직이나 기술에 의하여 매우 잘 극복되고 있고, 예를 들면 큰 에틸렌 플랜트에서 약 3 일 이내에 전부하 생산으로 까지 끌고 간 예도 있다.

### 가. 조직과 인원

시운전 전 확인을 충분히 계획하고 적절한 인원을 배치하는 일은 중요한 일이다. 시운전에 대하여 조직이나 인원에 관한 간단한 모델은 없다. 이러한 것들은 프로세스의 성질이나 플랜트의 크기, 참여분야, 프로세스라이센스, 건설회사 등에 따라 달라진다.

관리자측은 그 일을 충분히 할 수 있도록 인력과 자재를 할당하는 일이 절대로 필요하다. 큰 플랜트의 시운전 전 확인은 중대한 사업이며, 이 사업을 잘 인식하고 있지 않으면 비용이나 곤란이 증가하게 될 것이다.

시운전 전 확인에 대한 책임체제는 한 지휘계통하에 두지 않으면 안된다. 통상의 방법은 미리 새로운 공장매니저를 임명하고 문제점에 정통시킨 뒤에 시운전 전 확인의 매니저로 한다는 것이다.

시운전 전 확인 부서장은 이 업무의 수행에 필요한 기술인력, 자재를 지휘, 관리할 수 있다는 것이 필요하다. 예기치 못한 어려운 문제가 많기 때문에 기술인력과 자재가 필요하게 되는 경우가 많다.

프로젝트매니저의 일은 보통 이와는 다른 분야에

속한다. 경험에 의하면 프로젝트매니저와 시운전 전 확인 부서장의 역할을 함께 하려고 하는 시도는 통상 좋은 방법은 아니라고 한다.

시운전 전 확인업무를 담당하는 요원은 통상 정규의 플랜트 직원과 시운전 전 확인 기간 전임된 전문 운전인수팀으로 구성된다.

### 나. 계획과 일정관리

플랜트의 시운전 전 확인에는 많은 사람들이 수행하는 많은 기능을 통제할 필요가 있다. 다음과 같은 점에 있어서 특히 계획성이 중요하게 된다.

- (1) 시운전 전 확인 활동
- (2) 예산
- (3) 문서화
- (4) 훈련

큰 공정설비의 설계나 건설은 통상 프로젝트평가와 그 검토기술(PERT : Project Evaluation and Review Technique)이나 임계로계획법(CPS : Critical Path Scheduling)과 같은 방법을 사용하여 공정이 짜여져 있다. 통상 이러한 방법은 컴퓨터를 사용하여 한다.

운전개시의 일정관리는 독립된 일로 하는 수도 있다.

공정입안의 방법은 일반적으로는 다음과 같이 광범위하게 행한다. 활동은 모두 그 구성요소로 나누어 각 활동을 시공하기 위한 Man-Hour나 Machine-Hour를 결정한다.

일이 시공에 소요되는 시간량은 인간이나 기계의 이용도를 토대로 계산하지만, 그때 일의 기간은 착수하는데 소요되는 시간과 같은 요인도 고려하여 산정한다. 그 뒤에 일을 실제로 시작한다.

또 PERT나 CPS와 같은 방법을 사용해도 된다. 그러나 막대그래프(Bar Chart)나 화살표도형(Arrow dia-Gram)과 같은 것을 사용하여 수작업으로 공정입안을 하는 방법은 설계나 건설공사시보

다도 시운전 전 확인 시의 공정관리에 있어서 일반적이다.

그 후 작업속도를 증가하거나 작업을 평행적으로 추진하는 변경작업 등을 한다. 변경작업을 했을 때에는 가장 빨리 일을 착수할 수 있는 시점과 착수개시를 지연시켜도 되는 한도가 되는 시점과의 차인 시간여유(Slack)를 계산한다. 1일이나 1주간의 프로그램을 세밀하게 계획하여 거기에 필요한 인원수나 기계의 공급원을 결정하여 포함되는 경비를 견적할 수 있다. 큰 플랜트에 있어서 임계로(Critical Path)의 이용은 반응기나 계장의 경우가 많다.

사용개시 사이는 추가지출이 필요하게 되기 쉽기 때문에 여러 가지 비용에 관해서 부문마다 자세한 예산관리가 필요하다. 시운전 전 확인에 있어서는 정보가 원활히 전달되는 일이 중요하고 적절한 문서를 필요로 할 때에 곧 이용할 수 있도록 해두는 일이 절대로 필요하다. 따라서 계획 시에 필요로 하는 문서는 무엇인가를 조사해 두지 않으면 안된다.

관리자와 노동자를 대상으로 한 훈련을 계획해 둘 필요가 있다. 훈련에 관한 공정입안과 문서화가 특히 중요한 면이다.

#### 다. 관리준비와 훈련

공정운전원만이 운전개시에 대하여 준비와 훈련을 필요로 하는 것은 아니다. 이러한 준비와 훈련은 관리자에게도 요구된다.

운전개시매니저는 통상 자기 스스로가 다음과 같이 준비하고 있다. 매니저는 그 프로세스나 플랜트를 연구함으로써, 같은 종류의 플랜트를 방문하여 거기서 일을 함으로써, 설계위원회에 있어서의 일을 통하여 그 프로젝트에 포함되고 있는 것에 의하여, 플랜트에 관한 문서나 오퍼레이터의 훈련계획을 준비함으로써 스스로 준비하고 있는 것이다.

시운전 전 확인부서장이 특히 주의하는 특별한 요점이 몇 가지 있다. 하나는 외부로부터 구입한 프로

세스의 정보나 노하우이다. 도입한 프로세스에 지장이 생기면 그 지장을 해결하는 이상으로 귀찮은 문제가 되기 쉽다. Package Unit이나 복잡한 기계라고 하는 따위의 전유장치에 대해서도 얼마가량 같은 것을 말할 수 있다. 또 시운전 확인 매니저에 있어서 경제성이나, 그 프로젝트의 구성상의 특성은 충분히 파악해 두는 것이 바람직하다. 이러한 구성상의 특성과는 원료의 공급계약에서 장치에 대한 수용조건까지 걸치는 것이다. 시운전 전 확인에 대한 관리팀을 조직하는 데에는 여러 가지 방법이 있다. 하나는 그 조직을 계획하여 그것을 실시하는 일이다. 다른 것으로는 Horsley(1974)가 말하고 있는데, 매니저간에 있어서 '소유권'의 분담에 따라 매니저간의 역할을 협의하는데서 계획을 생각해 내는 방법이다. 공급개시 동안 자칫 개인끼리의 의견충돌이 있기 쉽다. 이것은 어느 정도 개성의 불일치에 따르는 수도 있으나 일반적으로 주로 일의 차이나 각각의 입장에 있어서의 관점의 차이에 입각하고 있다.

#### 라. 운전원에 대한 훈련

공정운전원의 주된 훈련은 통상 시운전확인 개시 동안에 훈련부문이나 플랜트의 관리부문이 공동으로 실시하고 있다. 훈련의 주목적은 화학제품을 취급하게 하고서 장치의 성질, 플랜트에 있어서의 장치의 위치, 플랜트를 운전하는 절차 등에 운전원을 익숙하게 하는 일이다. 훈련의 기본적인 방법의 하나는 강의이다. 시뮬레이터로 훈련함으로써 강의를 보충하는 것이 적절한 경우도 있다. 안전이나 손해 방지에 있어서의 특별한 훈련의 다른 훈련교재와 조화되지 않으면 안된다. 그 이상의 훈련은 플랜트 그 자체에 관하여 얻을 수 있으나, 플랜트에서는 훈련자는 설비배치에 익숙해져서 장치나 계장의 조작법을 습득한다. 안전한 유체를 사용한 훈련은 특히 가치 있는 경험이 된다. 자주 이 훈련기간에 강한 단체정신(Team Spirit)이 생긴다. 일반적으로 훈련활동

에 의하여 그 조작절차에서 부적절한 면을 알 수 있기 때문에 이것들을 개정하지 않으면 안된다. 변경은 적절한 문서로 하여야 한다. 훈련의 유효성은 다수의 관리자에게 확인시킬 필요가 있다. 시운전 전 확인의 끝에 가서 달성된 훈련수준이 그 뒤의 플랜트의 가동기간에 들어가도 변경되지 않았던 것은 드문 일이 아니다. 시운전 전 확인 동안의 공정운전원의 훈련에 관하여 기타의 설명은 Finlayson과 Gans(1967), Regules(1967), Kingsley, Kneale와 Schwartz (1968 - 1969), Parsons(1971)가 기술하고 있다.

## 마. 보전의 준비

시운전 전 확인이나 그 기간 중에 보전기술자는 적절한 보전시스템을 문서화하여 제출하지 않으면 안된다. 장치에 관한 각각의 주항목은 기기대장에 기술하지 않으면 안되고, 대장은 장치마다 그 특징을 명기해 두어야 한다. 장치에 대한 보전매뉴얼은 제작자로부터 제공받은 것을 재검토하지 않으면 안된다. 매뉴얼이 어떤 점에서 부적절한 일이 있다. 부적절하면 제작자와 상담하여 수정한다. 매뉴얼에 관하여 상담하지 않았기 때문에 문제가 빈번히 발생하고 있는 일이 많다. 장치에 대한 예방보전과 사후보전을 계획해 둔다. 예방보전은 정규스케줄을 작성하지 않으면 안된다. 플랜트에 있어서의 장치의 상세나 보전과 개수공사의 상세를 기록하는 보전기록시스템을 제정해 두지 않으면 안된다. 결함이 있는 시스템을 개량하려고 하는 것보다도 최초의 유효한 시스템을 작성하는 편이 용이하다. 결함발생의 징후와 원인 및 실시한 조치에 관하여 우수한 정보를 얻는 일이 특히 중요하다. 예비품 소유시스템은 작성해 두어야 한다. 이런 시스템에 관하여 중요한 특징은 어떤 예비품이 이용되고 어떤 예비품이 소비되고 어떤 수불이 있는가를 명확히 알 수 있도록 되어 있어야 한다는 것이다. 이 정보를 이용할 수 있는 한 예

비품 보관에 관하여 합리적인 결정이 가능하게 된다. 통상의 운전 중이나 운전정지와 같은 각 단계에서 필요한 게시판이 모두 적소에 있고 그 밖의 것이 없는 것을 확인하기 위해 게시판을 관리하는 시스템을 작성하지 않으면 안된다. 그 시스템에는 청부업자의 게시판과 혼동이 일어나지 않도록 하기 위한 규정도 포함시켜 둔다. 보전관계자는 보전을 안심하고 하기 쉽도록 하기 위해서 건설 기간 중에 그 플랜트를 점검하지 않으면 안된다. 레이아웃, 장치, 승강 장치에 관하여 몇 가지 변경을 할 필요가 있는 경우도 있다.

## 바. 점검과 시험

시운전 전 확인업무는 장치의 검사, 점검이나 시험과 깊은 관계가 있다. 검사업무에 관해서는 이하에 상술하지만 여기서 시운전 전 확인기간 중에 하는 검사업무 몇 가지를 제시하는 것은 적절한 것이다. 프로세서나 플랜트의 설계는 이미 맨 처음에 말한 여러 가지 점검을 받고 있어야 한다. 특히 잠재위험성의 운전성 검토는 시운전 전 확인 시에 실시되는 조작에 관해서도 하지 않으면 안된다. 시운전 전 확인에 있어서의 검사, 점검, 시험은 Gens 와 Bengel (1974)가 기술하고 있다. 프로세서장치나 기계에 대하여 실시되는 전형적인 조사나 시험은 <표 1>의 일람표에 제시하였다. 플랜트검사는 육안으로 직접 충분히 하지 않으면 안 된다. 플랜트가 계획도 면대로 설치되고 있는 것을 확인하기 위해 플랜트의 장치나 배관공사에 대해서는 모두 점검하여야 한다. 일례를 들어 안전용 샤워에 물이 아닌 가성소다가 들어 있었던 일이 발견되고 있다. 볼트의 풀림이나 밸브에 핸들의 부착여부와 같은 항목에 대해서, 또 플랜트 내에 남겨진 건설 시의 도구나 파편에 대한 점검도 하지 않으면 안된다. 실제로 설치한 건설재료에 결함이 있다는 것은 보통 흔히 있을 수 있는 일이다. 따라서 재료에 관한 검사를 하지 않으면 안된

다. 특별한 방법으로서 Metascope와 같은 장치를 사용하여 100% 점검을 실시하는 일이 적절할 때도 있다.

서 패널까지의 되돌아옴에 관하여 점검하지 않으면 안 된다. 제어변의 작동은 “Stroke”시켜서 점검하지 않으면 안된다.

〈표 1〉 플랜트의 시운전 전 확인기간 중

설치 전의 검사, 점검, 시험
압력용기
프로세서기계
플랜트의 배관도와 기계도면의 점검
건설용재료의 점검
압력용기의 시험과 시스템의 시험
검사
내압시험
누설시험
보호장치의 시험
프로세서기계의 시험
시운전
부하운전
성능운전
서비스시스템의 시험과 시스템의 시험
안전유체를 사용한 시험
기타시험
용역설비
계장
단위장치의 운전
고장을 상정한 시뮬레이션 시험

증류탑에 있어서의 Tray, Weir, Downcomer, 열전대포켓과 같은 내부 부속품의 설치를 점검하지 않으면 안된다. 이러한 내부부품은 정도(情度)가 정확하고 올바르게 설치되어 단단하고 확고하게 조여져 있는 것이 중요하다. 통상 부품이나 스프링은 철사로 묶여 있고, 중요한 부품은 보호피복물로 덮여 있고, 납으로 막혀 있는 일이 있기 때문에 이러한 구속물은 모두 제거할 필요가 있다. 받아들인 상태의 계기는 교정이 없어도 틀림 없이 만족스럽다고는 할 수 없다. 따라서 교정검사가 종종 필요하게 된다. 분석기는 시험용 표준혼합물을 사용하여 교정하지 않으면 안된다. 회로는 패널에서 계기까지 또 계기에

사. 안전검사

플랜트는 시운전 전 확인기간 중에 포괄적인 안전 감사를 하지 않으면 안된다. 이 감사는 소프트웨어 및 하드웨어의 양면에 걸쳐서 한다.

아. 시운전 전 확인의 문제점

시운전 전 확인에 관련된 문제점의 대개는 지금까지에서 명시되고 있는 부분도 있으나 명시되지 않은 부분도 있었다. 따라서 여기서 시운전 전 확인에 있어서의 문제점의 범위를 다시 복습해 두고자 한다. 이러한 문제점으로 다음과 같은 항목을 들 수 있다.

- (1) 프로세서에 관한 정보의 부족
- (2) 설계변경
- (3) 부적절한 장치
- (4) 전문가에 의한 조연의 부족
- (5) 예비품이나 공급물자의 부족
- (6) 건설이나 보전의 실수
- (7) 오조작

프로세스에 관하여 기초적인 정보가 불충분한 경우에 그와 같은 정황에 특유한 장해에 관해서는 기술하였다. 이것은 결코 늘 있는 일은 아니지만 때로는 외부로부터 노하우를 구입해 왔을 때에 생긴다.

최초 설계를 몇 군데 수정한다는 것은 거의 피할 수 없는 것이지만, 그 수정은 불통일을 초래하고 고가로 되기 쉽기 때문에 수정은 최소한으로 하지 않으면 안된다. 안전한 설계가 수정에 의하여 불안정하게 되지 않도록 하기 위해서는 시운전 전 확인 시에 수정을 관리하는 시스템이 있지 않으면 안된다. 그 밖에 수정을 청부업자에게 정확히 전달하는 통보망이 있어야 한다. 그렇게 하면 혼란을 일으킬 위험성은 적어진다. 부적절한 장치는 많은 트러블의 근

원이 된다. Package Unit가 된 것을 구입한 것이나 혹은 주정부업자로부터 구입한 장치는 트러블이 일어나기 쉽다고 흔히 말한다. 그러나 많은 경우 문제점은 사용자 측에 있는 수가 많다. 확실히 사용자는 이와 같은 장치에 관해서 다른 장치에 대한 것과 마찬가지로 충분한 명세서를 가지고 있다는 것이 절대로 필요하다. 전문가의 조언이 필요하다는 것은 기술하였다. 시운전기간 중의 장치의 거동은 통상 운전 중의 거동과 다른 점이 있다. 한 예로서 볼밀의 베어링으로부터의 윤활유 속에 고농도로 금속입자가 포함되어 있는 것이 발견되었기 때문에 시운전 전 확인이 지연된 일이 있었다. 이 경우 납품자는 이와 같은 일은 시운전에서는 보통 있는 일이라고 확인하고 있다. 예비품이나 다른 재료가 부족하기 때문에 결과적으로 운전이 지연되는 일이 있다. 적절한 예비품시스템이 필요함은 이미 강조한 바 있지만, 기타의 물품에 관해서도 준비해 두는 것이 같은 정도로 중요하다.

건설공사의 착오는 보통 있을 수 있는 일이다. 주요장치나 배관의 건설시 틀린 재료를 사용하는데다가 볼트나 개스킷과 같은 소물품에 관해서도 자주 착오가 생긴다. 예를 들면, 저온에서 사용하면 극히 위험하기 때문에 스테인리스강의 볼트를 사용하기로 되어 있는 곳에 연강볼트를 사용하는 일이 있다. 또 틀린 개스킷을 사용했기 때문에 잠재위험이 생긴 일이 있다. 공정운전원의 경험이 부족하면 오조작으로 플랜트에 상당한 손해를 끼칠 때가 있다. 예를 들면, 펌프를 유체 없이 운전하거나 밸브를 닫은 채 시동하는 일이 있다. 설계온도보다도 높은 온도로 장치를 운전하는 것은 크리이프 속도가 매우 증가하기 때문에 특히 위험하다. 시운전 개시 동안의 운전실수로, 예를 들면 30%에 해당하는 크리이프 수명을 소모하는 일이 있다. 따라서 이와 같은 운전실수는 가능한 한 피하고 크리이프의 영향을 평가하기 위해 시운전 전 확인 동안에 있어서의 기록을 해두는 일

이 중요하다.

## 자. 시운전 전 확인 시의 잠재위험성

시운전 전 확인과 관련하여 특정적인 잠재위험성이 있다. 기밀시험(Pneumatic Testing)보다도 수압시험(Hydraulic Testing)을 하는 쪽이 위험성은 적지만 만일 용기가 파괴된다면 방출되는 에너지는 수압시험에 있어서도 상당한 것이기 때문에 올바른 시험절차에 따라 시험관계자 이외의 사람이 그 주위에 없는 것을 확인하는 일이 중요하다. 시운전 전 확인 시에 하는 시험 및 기타의 작업을 위해 가설물의 임시적인 연결을 할 필요가 있다. 이러한 연결에는 흔히 호스가 사용된다. 호스에 의한 연결은 사고의 원인이 되는 일이 많기 때문에 특별한 주의를 하지 않으면 안된다. 플랜트에서는 누설시험을 하는데 이 음매의 느슨함, 밸브의 개방, 개스킷이나 시일의 손상, 진동, 열에 의한 팽창과 수축, 부식 등으로 누설이 진전하기 쉽다. 따라서 이와 같은 누설에 대하여 감시를 계속하는 일이 중요하다. 고압플랜트에서의 누설은 사람에게 직접 상해를 주며 가연성 물질이 누설하면 화재나 폭발을 일으킨다. 또 가연성 유체의 누설은 단열재를 오염시켜 화재의 잠재위험성을 증대시킨다.

질소정화(Nitrogen Purging)는 운전 개시 시에 흔히 사용된다. 질소를 사용하여 대규모의 정화작업을 할 때에는 사람이 질식할 잠재위험성이 있다. 시운전 전 확인개시에는 다량의 용역자원이 필요하게 된다. 다른 플랜트에 있어서 용역자원이 부족하여 위험한 상태가 되지 않도록 확인해 두는 것이 중요하다.

그 밖에 시운전 전 확인을 하고 있는 플랜트로부터의 유체에 의하여 용역자원이 오염될 위험성이 있다.

## 2. 준비의 문제점

### 가. 재료의 확인

재료의 확인 잘못은 중대한 위험을 가져온다. 특히 배관재료의 건설 및 공용기간의 단계에서 생기는 실수에 관해서는 앞에서 언급하였으나 이러한 실수는 정비작업에 있어서도 생기는 일이 있다. 재료가 일견해서 흡사한 경우, 예를 들면 저합금강과 탄소강, 혹은 스테인리스강과 알루미늄도료를 칠한 탄소강은 오인하기가 쉽다.

따라서 재료의 관리는 충분히 주의해서 할 필요가 있다. 재료착오를 적게하는 방법으로서 Marking, 분류별의 보관 및 계기에 의한 점검을 들 수 있다.

#### 나. 구성부품의 확인

또 하나의 문제는 구성부품 또는 기계의 확인착오이다. 예를 들면 압력의 설정이 너무 높은 안전변을 플랜트에 부착한다고 하는 문제이다. 이러한 착오는 동일 제조자에게 흡사한 부품을 제작하고 있는 경우에 일어나기 쉽다. 마찬가지로 저압에서 사용해야 할 맹판을 고압라인에 적용한다고 하는 문제도 있다.

가장 중대한 착오는 기기의 성능을 바꾸는 부품을 장치에 부착하는 일이다. 예를 들면 잘못된 조정으로 제어변의 용량이 증가한다든지, 틀린 임펠라를 부착함으로써 펌프의 토출압력이 증가하는 경우가 있다. 따라서 이러한 중대한 점에 관해서는 관리시스템이 필요하다.

#### 다. 외부표면부식

단열재 속에서 생기는 외부표면부식은 공정설비에서는 중요한 문제이다. 정비에서 이 외면 부식을 점검하는 것은 중요하다. 이 부식은 특히 0~125℃의 온도범위에서 사용되고 있는 철강재의 장치에서 생기는 것이며, 0℃이하에서는 표면이 얼음으로 덮여 있으며 125℃에서는 물은 증발하기 때문에 문제는 생기지 않는다. 또 외면부식은 화학섬유와 같은 산성의 보온재를 사용하는 경우에 현저하게 된다.

또 물 이외의 물질에 의하여 발생하는 외면부식은 여러 가지 형태가 있다. 염소부식은 어떤 단열재료에서 용출되는 염화물에 의해서 생긴다. 또 이 염소부식은 온도가 매우 높은 파이프의 표면에서는 PVC제 라벨의 열적 분해에 의해서도 생긴다.

초산부식은 초산염을 취급하고 있는 플랜트의 기기표면에 발생하기 쉽다. 특히 외면부식이 발생하기 쉬운 장소는 탱크나 탑조의 지지부이다.

#### 라. 펌프 및 기타장치

공정설비의 누설에 의한 화재의 대부분이 펌프와 관계있다. 누설의 발생은 일반적으로는 시일의 불량에 의한 것이며, 이것이 원인이 되어 누설이 생겨 펌프의 화재를 일으킨다. 또 베어링의 고장에 의해서도 시일불량이 생긴다. 그 때문에 펌프 화재 후에는 시일 또는 베어링의 어느 한 쪽이 먼저 고장 났나를 밝히는 것은 매우 어렵다.

펌프의 고장을 감소시키기 위해서는 설계 혹은 기종선정도 필요하지만 정비가 더욱 중요한 분야이다. 정비작업을 위해 펌프를 1대 해체했을 때에는 전체를 주의 깊게 검사하도록 하면 많은 경우 고장을 미연에 방지할 수 있다.

그러나 정비작업에 의하여 고장이 생길 가능성이 있다. 그 간단한 예로서 펌프를 조립할 때 날개 축(Impeller Shaft)의 조정을 잘못하는 것을 들 수 있다.

이와 같은 실패는 보전작업의 적절한 조직화와 충분한 훈련의 필요성을 보여주고 있다.

조정실수와 같은 문제는 다른 장치에서도 일어난고 있다.

### 3. 플랜트의 개조

플랜트에서의 엔지니어링 작업은 단순한 정비작업의 범위를 넘어서 개조에 해당되는 경우도 있다. 여기서 말하는 개조는 플랜트의 개조 또는 프로세스

의 변경을 포함하고 대단한 잠재위험성을 수반하는 것이다.

## 가. 변경(개조)의 종류

개조는 그것을 실시하는 시기에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

- (1) 설계변경
- (2) 시운전 시의 변경
- (3) 조업 중의 변경

또 그 개조의 성격에서 다음 둘로 분류할 수 있다.

- (1) 일시적인 변경(개조)
- (2) 항구적인 변경(개조)

또 소요경비의 결정방법에 의하면 다음과 같이 분류할 수 있다.

- (1) 승인을 필요로 하지 않는 변경(개조)
- (2) 승인을 필요로 하는 변경(개조)

여기서는 시운전 및 조업단계의 개조 혹은 변경에 관해서 검토한다. 설계시의 변경에 관해서는 변경항목의 확인 및 내용변경 후의 상황을 추적하는 시스템을 확립하는 것이 필요하다는 것을 재차 강조해 둔다.

시운전단계 및 시운전 직전단계에서는 종종 많은 변경이 강한 압력 하에서 행하여진다.

시운전 시의 변경은 플랜트를 원활하게 조업하는 것을 목적으로 하고 있다. 그것에 대해서 운전시의 변경은 오히려 플랜트의 운전을 유지해 가는 것을 목적으로 한다. 이러한 변경은 충분한 필요성이 있는 경우에만 행해져야 한다.

변경의 규모 및 변경에 소요되는 경비가 검토되어 변경은 인정된다. 극단적인 경우에는 특별한 승인을 필요로 하지 않는 작은 변경이 있다. 이와 같은 변경은 상당히 최근까지 작업장의 작업포 또는 작업허가서가 유일한 문서로서 실시되고 있었다. 한편 필요경비의 승인을 필요로 하는 규모의 변경도 있고, 이것은 경영자가 허가한다. 이와 같은 허가제도는 초

기에는 주로 안전을 확보하기 위해서가 아니고 경비를 관리하기 위해서였다. 그러나 실제에서는 허가라고 하는 것은 변경계획을 경험자가 상세하게 검토하기 위해서 필요한 것이다.

## 나. 압력방출과 Blowdown의 잠재위험성

변경의 결과로서 발생하기 쉬운 잠재위험성에서 특히 문제가 되는 것은 압력방출장치 및 Blowdown의 설치가 의미가 없는 것으로 되는 것이다.

이 밖에는 플랜트의 감산을 위해 운전압력을 강할 때 필요하게 되는 개조공사가 있다. 이 경우에는 통상 압력방출변의 설정조건을 변경하는 것이 필요하지만 운전압력을 낮추면서 조절된 압력방출변의 능력을 점검하는 것을 잊는 경우가 있다.

마찬가지로 플랜트의 용량 증가 시에도 압력방출변의 설정조건을 변경할 필요가 있다.

압력방출에 관련하여 발생하는 잠재위험성의 사례는 변경 시에 압력방출변의 배치에 관하여 그 효과를 검토하는 일이 매우 중요하다는 것을 보여주고 있다.

## 다. 변경에 의하는 다른 잠재 위험성

변경에 의하여 생길 우려가 있는 다른 잠재위험성에 관하여 그 몇 가지를 여기서 검토한다.

변경은 압력방출을 무효로 할 수 있을 뿐 아니라 계장 시스템도 무효로 만드는 일이 있다. 특히 중요한 계측신호가 제한이라든가 필터 등의 존재에 의하여 약화되는 상황이 발생할 수가 있다.

일반적으로 변경에서는 일시적인 배치변경, 혹은 일시적으로 배관을 설치하여 반응탑이나 열교환기를 Bypass하는 일이 있다. 이것은 간단한 일로 생각되지만 나름대로의 적절한 배관설계와 적당한 지지를 필요로 한다. 변경에 의한 잠재위험성은 Flixborough의 재해사례에 의하여 밝혀져 있다.

어떤 방법에 의하여 유량 또는 압력을 변경하는 것은 새로 잠재 위험성을 만들어 낼 가능성이 있다. 예를 들면 유량을 제한하기 위해 부착하고 있는 오리피스스를 제거한 경우에는 밸브나 펌프의 능력을 재검토할 필요가 있다. 전혀 문제가 없는 것으로 생각되는 변경에서도 잠재 위험성이 생기는 경우가 있다.

#### 라. 프로세스의 변경

Flixborough의 재해사례에서 얻은 교훈은 플랜트의 안전성 유지 및 플랜트의 개조에 의한 안전성 저하의 방지가 중요하다고 하는 것이다.

그러나 플랜트에는 압력시스템이 설계된 조업조건 범위를 넘어서 조업되는 리스크도 있다. 따라서 그와 같은 프로세스의 변경도 마찬가지로 관리할 필요가 있다.

다시 설사 조업조건이 개략은 동일하다고 해도 실제의 조업조건이 변화하면 플랜트의 운전이력 · 경험에 의거하여 검사나 안전성 확인시험 등의 주기에 영향을 주는 일도 있다.

### 4. 변경개조공사의 관리

플랜트의 변경개조공사를 관리하는 시스템의 요소에는 (1) 절차, (2) 평가, (3) 검사, (4) 문서, (5) 교육이 있다.

변경개조공사에는 권한이 있는 사람에 의한 승인이나 안전성 평가에 관한 표준적인 절차가 필요하다. 즉 권한이 있는 사람이 방침대로 작업을 하고 있는가, 또 그 작업이 완전한가를 확인하는 검사체제, 변경을 기록해 두기 위한 문서관리체제, 또 관계자가 그 관리체제를 이해하기 위한 충분한 교육체제 등이 필요하다.

#### 가. 변경개조공사의 인가

개조공사의 관리체제 및 허가권한을 가진 레벨은 개조의 조건에 따라 얼마간 변하지만 기본적인 원리는

극히 명백하다. 따라서 명확하고 이해하기 쉬운 허가제도가 필요하게 된다.

Henderson과 Kletz(1976)는 프로세스나 플랜트에 대한 어떠한 변경도 권한을 가진 매너저 및 기술자가 문서로 승인하지 않으면 안 된다고 하고 있다. 이것은 항구적인 변경은 물론 그다지 경비를 필요로 하지 않는 일시적인 변경에도 적용되는 것이다. 허가의 권한을 가진 최저의 레벨은 전문 기술 관리자로써 일반적으로 공장매니저 혹은 플랜트 기술자이다. 변경이 계장이나 전기기기에 관해서 하는 것이라면, 계장 및 전기기술자가 변경을 승인을 할 필요가 있다.

자신의 능력범위외의 문제와 조우했을 때는 다른 전문가와의 상담이 중요하다. 요컨대 의료분야의 문제라면 개업의에게 보여야 한다는 것이다. 중요한 허가를 필요로 하는 변경은 일반적으로는 설계부문에서 설계되어야 한다.

## V. 석유화학 업종의 보수작업 시 작업안전수칙

### 1. 화기작업 : Hot Work(welding) for Piping

#### 가. 작업준비

(1) Welding Point 내부의 내용물의 회수, 배출 및 Water Washing 한다.

(2) 작업장 주변 인화물을 제거하고 용접불티의 비산을 막을 수 있도록 방화포를 설치한다.

(3) 주변의 B/V Close 하고 “조작금지” Tag를 부착한다.

(4) 가연성가스 Test를 실시한다.

(5) 소화기를 비치하고 Water Spray 실시한다.

(6) 가능한 공정 구역, 밀폐된 공간에서의 화기 작업을 금하고 Spool을 분리하여 외곽에서 Welding 한 후 조립하도록 한다.

(7) 용접기 Earth의 안전성을 확보한다.

(8) S/D이 완료된 후 공정 구역의 전체적인 Trench를 Water Cleaning을 실시한다.

(9) 내용물이 들어있는 Vessel의 주변 Line, Gas가 충전되어 있는 구역, 운전 중인 지역에서의 화기작업은 일체 금한다.

(10) 물호스와 화기작업 감시자를 둔다.

## 나. 잠재위험

(1) 내부에 가연성물질 및 가스가 잔류하여 화재 및 폭발사고가 발생한다.

(2) 용접 불티가 주변의 가연성 물질에 비산되어 화재가 발생한다.

(3) 밀폐된 공간에서는 용접가스에 의해 질식된다.

(4) 용접기의 누전으로 감전사고가 발생한다.

(5) 고소 작업시 불안정한 자세로 인하여 추락사고가 발생한다.

## 다. 주요위험요인 및 대책

(1) 내부의 내용물 Drain 및 Water Washing을 철저히 한다.

(2) 주변의 B/V를 차단한다.

(3) 주변의 가연성 물질을 제거하고 Water Cleaning을 실시한다.

(4) 용접불티가 비산되지 않도록 방화포로 차단막을 설치한다.

(5) 용접기의 Earth 및 취급에 관한 규칙을 준수한다.

(6) 소화기를 비치한다.

## 라. 주요 작업 Point

용접작업시는 내용물 Drain 및 Water Washing을 실시하고 주변 가연성 물질을 제거, 가연성 Gas Test하고, 방화포로 용접분리 차단막을 설치 후 화기감시자는 Water Spray하여 작업한다.

## 마. One Point 지적 확인

가연물 제거, 방화포 설치, 가연성 Gas Test, 감시자 Water Spray 좋아!

## 2. 입조작업 : Entry to Vessel

### 가. 작업준비

(1) Vessel 내부 내용물의 배출이 완전한지 확인한다.

(2) Vessel 주변의 All Branch Valve는 Block되어 있으며, 지정된 Spool은 제거되고, 지정된 Branch에 Blind 삽입 확인한다.

(3) Vessel Cooling down 확인한다.

(4) Vessel에 연결된 모든 Valve, Spool, C/V 등에 “조작금지” Tag를 부착한다.

(5) 24시간 이상 Air Purge 및 통풍시킨다.

(6) M/H 주변 안전한 Plat Form 확보한다.

(7) 내부 깊은 곳은 줄사다리를 확보한다.

(8) 방폭 손전등 확보한다.

(9) Breathing Air Mask 및 비상산소구급기를 확보한다.

(10) 허리 등에 밧줄을 메고 입조한다.

(11) 필히 외부 감시자를 둔다.

(12) 출입전 내부 가연성 및 독성가스, 산소농도를 Check 한다.

(가연성 및 독성가스 : 0%, 산소농도 : 20% 이상), 산소 Detector 착용

### 나. 잠재위험

(1) Vessel 내부에 Toxic Gas 또는 산소 부족으로 질식한다.

(2) Vessel 외부에서 화학물질 및 Gas 유입으로 화상 및 질식사고 발생한다.

(3) Cooling Down이 충분하지 않아 화상을 입는다.

(4) 가연성 가스 존재 하에 손전등의 Spark에 의해

폭발한다.

(5) 입조시 위치 불안정으로 추락 또는 허리를 다친다.

(6) 긴급시 구조자가 없어 구출하지 못한다.

#### 다. 주요위험요인 및 대책

(1) Cooling Down을 확인하고 Gas Test(산소, 독성, 가연성)를 실시하고 충분한 안전성을 확보한다.

(2) 주변 Branch Valve의 “조작금지” Tag 부착 및 사전 준비된 List에 따라 Spool 제거 및 Blind 설치한다.

(3) 충분한 Air Purge 및 환풍기를 설치한다.

(4) 방폭등을 설치한다.

(5) 사다리, Plat Form 등 추락 및 골절사고를 방지한다.

(6) Breathing Air Mask를 착용하고 입조한다.

(7) 외부 감시자를 둔다.

(8) 입조 전 점검판에 서명한다.

#### 라. 주요 작업 Point

Vessel에 들어갈 때는 충분한 Air Purge 및 Gas Test를 실시하고(O<sub>2</sub> 포함) Branch Line의 안전성을 확보한 후 외부 감시자를 둔다.(O<sub>2</sub> : 20% 이상)

#### 마. One Point 지적 확인

Air Purge, Gas Test, Breathing Air, 외부 감시자 좋아!

### 3. 고소작업

#### 가. 작업 준비

(1) 비계, 사다리를 견고하게 설치한다.(비계인증 표시 확인)

(2) 안전망을 설치한다.

(3) 작업장 밑에 위험 표시 및 통행금지 Tape를 설치한다.

(4) 작업 공간을 충분히 확보한다.

(5) 작업발판이 떨어지지 않도록 2군데 이상 묶을 것

(6) 안전그네 또는 안전대를 착용하여 주변 Support에 고정한다.

(7) 강관빅의 끝단부에는 플라스틱 Cover로 마감할 것

#### 나. 잠재위험

(1) 정확한 비계설치 기준에 의해 하지 않아 작업 중 추락한다.

(2) 안전망이 견고하지 않아 넘어진다.

(3) 작업장 주변 통행자가 낙하물에 의해 다친다.

(4) 작업발판이 부실하여 떨어져 다친다.

(5) 철사로 묶은 연결부위에 통행자가 걸린다.

#### 다. 주요위험요인 및 대책

(1) 안전대 또는 안전그네를 착용한다.

(2) 안전모는 벗겨지지 않도록 턱끈을 한다.

(3) 물건을 올리고 내릴 때 안전한 통을 이용한다.(던지지 말 것)

(4) 고소작업 발판에 기름이나 모래 등 미끄러운 물건을 흘리지 않는다.

(5) 악천후 시에는 작업을 중지한다.

(6) 발판 및 지붕 위에는 무거운 물건을 적재하거나 들고 다니지 않는다.

(7) 작업 중 물건이나 공구가 떨어지지 않도록 조치한다.

(8) 작업구역 하부에 감시자를 배치하여 관계자 외 출입을 막는다.

#### 라. 주요 작업 Point

고소작업시 안전그네를 착용하고 비계인증을 받은 후 안전망을 설치하고 물건을 이동시 안전한 통을 이용하고 낙하물을 주의하며 작업장 주변 통행금

지 표시를 한 후 감시자를 배치한다.

## 마. One Point 지적확인

안전그네, 비계인증, 사다리고정, 낙하물주의, 감시자 배치하자 좋아!

## 4. 중량물 작업

### 가. 작업 준비

(1) 배관 철거시 Line 내용물 Drain 및 Washing 실시한다.

(2) Line 내부 압력 Vent 및 Purge 실시한다.

(3) 각 Line에 연결된 B/V를 Close 하고 “조작금지” Tag를 부착한다.

(4) 크레인 사용시 회전 반경을 확보하고 지면이 견고한지 확인한다.

(5) 작업 반경 내 출입을 금지하도록 출입금지 Tape를 설치한다.

(6) 제한하중을 미리 파악하고 초과하여 중량물을 매달지 않는다.

(7) 중량물 고정 고리를 정확하게 연결되었으며 고정은 확실한지 확인한다.

### 나. 잠재 위험

(1) Pipe Work (Valve, Pipe, Flange, Plug, S/V 등) 내부의 내용물이 튀어나와 화상을 입는다.

(2) Line 철거 작업 중 B/V 조작으로 내용물이 누출되어 작업자가 다친다.

(3) 중량물을 떨어뜨려 발을 다친다.

(4) 중량물이 낙하하여 아래층 작업자가 다친다.

(5) 고소 작업시 추락할 위험이 없다.

(6) 크레인 회전으로 주변설비 파손의 위험이 있다.

(7) 크레인 회전시 주변 사람 통행시 크레인에 부딪친다.

(8) 중량물 이동시 주변 설비 파손의 위험이 있다.

## 다. 주요위험요인 및 대책

(1) 내용물 세척 및 Drain 확인한다.

(2) 안전보호구를 착용한다.

(3) 철거 Line에 연결된 B/V “조작금지” Tag를 부착한다.

(4) 중량물 취급에 대한 안전수칙을 준수한다.

(5) 고소 중량물 작업시는 “접근금지” Tape를 설치하고 출입을 통제한다.

(6) 크레인 사용시 경험있는 신호수를 배치하고 운전원은 신호수의 신호에 따른다.

(7) 제한하중을 초과하여 중량물을 매달지 않는다.

(8) 중량물의 중심을 정확하게 걸리도록 하여 인양한다.

(9) 강풍이나 악천후 시에는 작업을 중지하고 붐을 내려놓는다.

## 라. 주요 작업 Point

중량물작업(Pipe 철거, 기타) 시 내용물 세척 및 완전 배출 확인하고, B/V조작금지 Tag를 부착하고 중량물 고정 철거 및 크레인 회전 반경을 확보하고 출입금지 Tape를 설치한다.

## 마. One Point 지적 확인

내용물 Drain, Washing, B/V Close, 중량물 고정, 회전반경 확보하자 좋아!

## 5. 질소작업 안전대책

### 가. 질소사용 금기사항

(1) Impact Wrench로 Bolt/Nut를 풀고 조일 때

(2) 공정 내 물청소 후 바닥 Drying & 먼지 이물질 을 불어낼 시

(3) Air Pump 가동

(4) 작업복 먼지를 털어낼 시

(5) 작업 조는 입조해야 할 배관이나 Vessel 등의

Purge 시

(6) 배관 내 이물질 제거를 위한 Flushing 시

나. 질소 Hose & Utility Station 사용 시 안전 수칙

- (1) 질소 사용 시 규정된 적색 호스만 사용한다.
- (2) 적색호스는 다른 용도로 사용을 금한다.
- (3) 호스 끝에는 수컷 Connector & Utility Station에는 암컷 Connector를 부착하여 연결한다.

다. 공정설비에 직접 연결된 질소관리 수칙

- (1) Block Valve의 Passing 가능성을 항상 인식한다.
- (2) 공정설비 입조건 Block Valve를 Close 하고 Line 내 Vent를 확인 후 Blind를 삽입할 것(Seal Purge Gas Line은 Block Valve를 Close 하고 Union을 분리한다.)
- (3) Block Valve는 조작금지 Tag를 설치한다.

라. 질소관련 안전대책

- (1) 질소 Main Line Blind 설치 및 공정설비에 연결된 질소 Line의 Blind & Seal Purge Gas Union

분리 상태를 재점검 한다.

- (2) Blind 설치 Point는 반드시 P & ID Marking 실시한다.
- (3) 질소 사용 전 호스 안전상태를 점검하여 질소 사용 중 호스가 파열되어 작업자가 다치는 일이 없도록 철저히 점검한다.(호스 경화 & 손상 상태)
- (4) 질소 하용 후 호스 분리 전 호스 내 압력을 완전히 Vent 시킨다.
- (5) 질소 Blind가 설치된 후에는 질소관련 호스는 다른 호스와 분리하며 Utility Hose Station에서 Connector를 격리시킨다.
- (6) Vessel, Column 등 M/H Open 시 즉시 내부를 확인하지 못하도록 M/H에 접근금지 Tape로 막는다.
- (7) Vessel 등의 내부가 O<sub>2</sub>로 치환되어 O<sub>2</sub>가 정상적으로 지시 확인 & 입조허가서 발행 전까지는 M/H로 얼굴을 넣지 않는다.
- (8) 특별히 질소사용이 필요할 시 팀장의 허가를 득한 후 사용한다. 

