

KOSHA GUIDE

O - 4 - 2011

화학공장의 정비·보수에  
관한 안전관리 지침

2011. 12.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 중대산업사고예방실
- 개정자 : 이 근 원
  
- 제 · 개정 경과
  - 1997년 11월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
  - 1997년 12월 총괄기준제정위원회 심의
  - 2011년 12월 화학안전분야 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
  
- 관련규격 및 자료
  - API 650
  - ASME SEC. VIII Div.2
  - OSHA PSM guideline
  
- 관련 법령 · 고시 등
  - 산업안전보건법 제27조, 제49조의 2, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제278조의 규정에 의거 작성됨.
  
- 기술지침의 적용 및 문의
  - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2011년 12월 29일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 화학공장의 정비·보수에 관한 안전관리 지침

### 1. 목적

이 기준은 산업안전보건법 제 27조(기술상의 지침), 법 49조2(공정안전보고서의 제출 등), 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙” 이라한다) 제 278조(개조, 수리 등)의 규정에 의하여 화학설비 및 그 부속 설비의 정비·보수에 관한 안전관리 지침을 정함을 목적으로 한다.

### 2. 용어의 정의

이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

#### 2.1 정비

화학설비 및 그 부속설비에 대한 자체검사 또는 점검결과 발견된 결함 및 고장에 대하여 보수를 하거나 주기적으로 행하는 예방적 조치로서의 부품의 교체 또는 수정작업등 설비의 유지관리에 관한 모든 작업을 말한다.

#### 2.2 환기작업

작업장내의 공기가 사람의 호흡에 지장이 없도록 송풍기, 후드, 덕트 등을 사용하여 분진·유해가스 등 오염된 공기를 작업장 밖으로 내보내는 작업을 말한다.

#### 2.3 화기작업

용접, 용단, 연마, 드릴 등 화염 또는 스파크를 발생시키는 작업 또는 가연성 물질의 점화원으로 제공할 수 있는 모든 기기를 사용하는 작업을 말한다.

## 2.4 수압시험 (HYDRAULIC TEST)

보일러 및 압력용기의 압력을 받은 부분에 소정의 수압을 가해서 누설, 변형 등의 유무 및 그 정도를 조사하는 시험을 말한다.

## 2.5 기밀시험 (LEAKAGE TEST)

용기의 내부에 압력을 가하여 외부로의 기체 누설여부 또는 내부를 진공상태로 하여 외부의 기체가 유입되어 들어가는지의 여부를 조사하는 시험을 말한다.

## 2.6 용기

안전보건규칙 별표3의 화학설비 및 그 부속 설비를 말한다.

# 3. 일반사항

## 3.1 정비계획

### 3.1.1 정비계획의 준비

정비부서에서는 정비 전에 다음 사항을 고려하여 정비계획을 준비한다.

- (1) 각 부서로부터의 정비 요구사항 취합
- (2) 전년도 정비 내용
- (3) 육안검사 결과
- (4) 운전중 사고 설비 리스트

### 3.1.2 정비계획서의 작성

정비작업 대상에 대하여 적절한 시기에 안전한 방법으로 정비를 수행하기 위한 정비계획서를 작성해야 하며, 그 내용에는 다음 사항이 포함된다.

- (1) 정비작업 요청 및 처리에 관한 절차
- (2) 정비항목
- (3) 정비분류 및 시기
- (4) 정비작업 준비 (유자격자, 기자재 및 공구)
- (5) 시스템상 타기기에 대한 조치 및 협조사항

### 3.1.3 정비절차서의 작성

정비계획서가 승인되면 정비작업절차서를 작성하여야 하며, 그 내용에는 다음 사항이 포함된다.

- (1) 정비작업준비 (유자격자, 기자재 및, 공구)
- (2) 정비착수전 안전조치 사항과 확인사항
- (3) 정비작업 절차
- (4) 정비완료후 점검에 대한 사항
- (5) 정비완료후 안전조치 사항과 확인사항
- (6) 정비 및 보수에 대한 교육
- (7) 정비결과 보고
- (8) 정비작업중 비상시 응급조치사항
- (9) 작업자간의 통신연락 사항

### 3.1.4 특수작업 허가서 및 절차서

화기작업과 같은 특수한 작업의 경우 별도의 작업허가서와 절차서를 작성하여야 하며, 그 종류에는 다음과 같은 것이 있다.

- (1) 화기작업허가서
- (2) 상온작업허가서

- (3) 제한공간 출입허가서
- (4) 전기차단허가서
- (5) 굴착작업허가서
- (6) 방사능 사용허가서
- (7) 권양작업(JACK-UP) 절차서
- (8) 용접작업절차서
- (9) 열처리작업절차서
- (10) 비파괴검사절차서

### 3.1.5 정비작업 수행 및 결과 보고

정비작업이 완료되면 결과보고서를 작성해야 하며, 그 내용에는 다음 사항이 포함된다.

- (1) 기기 이름 및 식별 번호
- (2) 작업자 성명 및 자격 사항
- (3) 정비항목 및 정비내용
- (4) 정비후 점검결과 (허용범위 대비 적합 판정)
- (5) 관리자의 검토 및 확인

## 3.2 정비에 대한 교육

### 3.2.1 정비작업전 교육

정비작업에 임하기 전에 정비원이 정비작업 내용을 숙지하고 안전하게 정비작업을 수행할 수 있도록 교육을 실시해야 하며 그 내용에는 다음 사항이 포함된다.

- (1) 공정 및 설비에 대한 일반 사항

- (2) 정비작업 절차에 관한 사항
- (3) 정비작업시 안전관리에 관한 사항
  - ① 기자재 운반
  - ② 설비 해체
  - ③ 용기 출입
  - ④ 화기 작업
  - ⑤ 설비 조립
  - ⑥ 수압 및 기밀시험
- (4) 비상시의 응급조치 사항

### 3.2.2 도급업체 근로자 및 일용근로자에 대한 교육

- (1) 도급업체 근로자 교육은 도급 발주부서의 관리감독자가 작업전에 실시하여야 하며, 필요한 경우 소정의 교재를 제공하고 이를 도급업체 사업주 등에게 위임할 수 있다.
- (2) 일용근로자는 매 작업전에 당해 감독자가 당해 작업에 대한 안전교육을 실시하고, 그 기록을 유지하여야 한다.
- (3) 교육을 이수한 하도급 또는 일용근로자에게는 교육필증을 발급하고, 증 미 소지자는 현장 출입을 금하게 할 수 있다.

### 3.2.3 교육실시 기록의 유지

교육은 정비책임자에 의해 실시하며 교육실시 및 결과에 대한 기록을 유지하여야 한다.

## 3.3 정비·검사 등 도급업체의 관리

### 3.3.1 정비·검사 등 도급업체의 선정

정비·검사 등을 하는 도급업체는 심사를 통하여 자격있는 업체로 한정하며, 심사에 포함될 사항은 다음과 같다.

- (1) 품질보증 계획 및 실행여부 실사
- (2) 보유장비 리스트 및 정비·검사 등 능력 검토
- (3) 보유 유자격 기술자 및 작업자 명단
- (4) 설비 정비·검사 등 실적

### 3.3.2 정비·검사 등 도급업체의 안전관리

사업주는 정비·검사 등 도급업체의 근로자가 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 안전교육을 시행하고 안전수칙과 안전작업요령을 알게 해주어야 하며, 그 내용에는 다음 사항이 포함된다.

- (1) 정비작업이 수행되는 공정 및 설비와 관련하여 이미 파악되어 있는 화재·폭발·독성물질의 누출에 대한 정보
- (2) 반드시 안전작업허가서를 발부 받은 후 작업에 임해야 할 작업은 다음과 같다.
  - ① 고온·고압의 물질 또는 화학물질이 차있거나 파이프라인, 펌프 또는 용기 등과 같은 기기의 분해시
  - ② 용접·절단 또는 스파크나 다른 점화원을 발생하는 전기적인 아님 열간 작업시
  - ③ 용기 출입시
  - ④ 가연성 물질이 들어 있는 지역 내에서의 내연기관 운전시
  - ⑤ 굴착 작업시
  - ⑥ 크레인을 이용한 중요 인양 작업시
  - ⑦ 전기작업시
- (3) 비상사태 발생시 비상탈출구 확인, 응급조치사항, 구급장비 사용법 등의 비상사태에 대비한 행동요령

## 3.4 변경요소 관리

### 3.4.1 변경요소 관리의 원칙

변경요소 관리에는 다음과 같은 원칙하에 시행되어야 한다.

- (1) 변경을 수행함으로써 추가되는 위험이 없도록 제안변경 내용을 상호 관련 있는 부서가 충분히 검토할 것
- (2) 절차서, 공정안전정보 및 자료, 교육교재 등 변경에 관련된 서류를 수정하고, 변경의 결과로서 새로운 절차·자료 등을 검토하여 개정할 것
- (3) 시설이나 개별 기계의 기록들을 보관할 것
- (4) 복잡하고 심각한 영향을 미치는 변경은 운전·정비·안전 등 관련부서의 승인을 얻고 위험성평가를 수행할 것

#### 3.4.2 변경 판정

- (1) 제안된 내용이 변경 또는 교환인지를 확인하고 확실한 판단이 서지 않을 경우에는 변경관리위원회의 판정에 따른다.
- (2) 교환인 경우에는 매일 정비작업 일지에 기재하고 시행한다.
- (3) 긴급한 상황으로 우선 처리가 필요한 경우에는 비상변경절차에 따른다.

#### 3.4.3 변경관리 위원회의구성

변경관리위원회는 3인 이상의 위원으로 구성한다.

- (1) 공정기술자
- (2) 정비기술자
- (3) 운전기술자
- (4) 필요한 경우 기계기술자
- (5) 필요한 경우 전기계장기술자

#### 3.4.4 일반변경 관리절차

- (1) 발의자는 변경요구서를 작성한다. 변경요구서에는 발의자의 이름, 요구일자, 설비, 변경요구가 비상인지 여부, 변경의 개요와 의견등이 포함된다. 변경의 개요에는 도면, 스캐치, 기타 서류 등을 첨부하여 가능한 한 상세하게 기술한다.
- (2) 변경관리위원회는 이 요구서를 접수하고, 필요성을 조사, 변경의 승인여부 결정, 승인여부의 논리적 근거를 기록하여 발의자에게 서면 통보한다.
- (3) 변경관리위원회는 요구사항을 검토하기 위한 검토자를 지정할 수 있으며, 검토자는 할당받은 사항에 대한 기술 및 안전성 검토를 하여, 그 결과를 위원회에 제출한다.
- (4) 변경관리위원회는 최종 검토 후 승인여부를 결정하고 시행을 지시한다.
- (5) 변경관리위원회는 변경완료 사항을 검사·확인하고 변경에 관련된 제반서류 및 도서에 변경내용을 기록하여 보관한다.

#### 3.4.5 비상변경 관리 절차

- (1) 긴급을 요할 경우에는 정상 변경절차에 따르지 않고 변경을 지시하고 완료를 요구할 수 있다.
- (2) 인명피해, 장비손상, 환경파괴 또는 심각한 경제적 손실을 피하기 위하여 즉시 변경이 요구되는 경우에는 담당자가 비상발의한다.
- (3) 변경발의자는 변경요청서를 작성하여 변경관리위원회에 제출한다. 신속처리를 요청하기 위하여 변경요청서에 비상표시를 한다.
- (4) 변경관리위원회는 변경요청서를 검토하여 변경시행된 사항을 계속 유지하여 운전할 것인가를 결정한다. 만약 위원회가 변경 내용을 승인하면 그 변경 내용은 정상변경관리 절차에 따라 결정된 것으로 보며 이후 절차는 정상변경관리 절차에 따른다.

### 3.4.6 변경시 검토 항목

변경시 검토항목의 내용에는 다음 사항이 포함된다.

- (1) 기본설계 검토
- (2) 안전설계 검토
- (3) 환경사항 검토
- (4) 화기작업 및 밀폐작업 절차 검토
- (5) 신설 또는 보완된 정비절차서
- (6) 정비기록 보완
- (7) 정비업체 교육
- (8) 신설 또는 보완된 운전절차서
- (9) 운전원 교육
- (10) 변경완료 검사
- (11) 가동전 안전점검
- (12) 공정안전정보 보완
- (13) 공정위험성 평가
- (14) 예비품 점검
- (15) 기타

## 3.5 안전작업 허가

### 3.5.1 안전작업 허가의 종류

위험지역내에서 설비·기기의 점검, 정비, 교체, 배관연결, 전기·계장 등의 작업을 수행할 때에는 사전 안전작업허가를 받은 후에 작업을 수행하여야 하며, 안전작업 허가의 종류는 다음과 같다.

- (1) 화기작업 허가
- (2) 상온작업 허가
- (3) 제한공간 출입 작업 허가
- (4) 전기차단 작업 허가
- (5) 굴착 작업 허가
- (6) 방사능 사용 허가 등

### 3.5.2 작업허가서의 작성요령

- (1) 작업허가서 발급자는 허가서 발행에 앞서, 당해 작업의 현장 감독할 자 또는 작업담당자와 같이 현장을 확인하고 안전작업에 필요한 조치사항이 무엇인지 확인하여야 한다.
- (2) 당해 작업의 안전과 관련하여 인근의 다른 공정지역 책임자에게 당해 작업 수행을 알릴 필요가 있을 경우에는 관련 운전부서의 책임자의 협조 서명을 받는다.
- (3) 작업자는 작업허가서의 작업내용에 대하여 작업 조건이 안전하다는 것을 확인한 후 인수 서명한다.
- (4) 작업허가서 발급자는 작업허가서 중 허가 시간, 수행 작업 개요, 작업상 취해야할 안전조치사항, 작업자에 대한 안전요구사항 등을 기재하여야 한다.
- (5) 작업허가 시간은 8시간을 초과할 수 없으며 작업내용의 변경, 안전요구 사항의 변경 및 기타 조건의 변동이 있을시에는 재발급하여야 한다.
- (6) 작업이 근무교대시간 이후에 까지 연장될 경우에는 발급자 또는 업무를 위임받은 자가 안전하다는 판단에 따라 안전작업허가서의 작업시간을 연장하고 다시 확인 서명한다.
- (7) 허가서는 적색과 황색 및 녹색 3부를 작성하며 적색 허가서 사본은 안전관리부서를 통하여 작업현장에 게시하고, 황색 허가서 원본은 발급자가 하고, 녹색의 사본은 해당 작업 수행 담당부서에게 통보한다.

### 3.5.3 안전작업허가서의 승인 및 확인

- (1) 작업허가서의 승인은 작업 지역 운전부서의 책임자가 승인하며 안전관리부서의 협조가 필요한 경우 운전부서 책임자의 요청에 의하여 안전관리부서의 책임자가 공동으로 승인한다
- (2) 작업의 위험정도, 크기 및 복잡성에 따라 작업중에 현장에서 안전 감독이 필요할 경우 운전부서 또는 안전관리부서에서 입회하여 제반 안전 요구사항에 대하여 조치를 확인한다.
- (3) 작업 부서의 책임자는 작업허가상의 안전조치사항을 확인하고 안전하게 작업을 수행할 책임이 있다.

### 3.5.4 안전작업 전 점검사항

작업이 행하여지는 지역의 운전부서 책임자와 작업부서 책임자는 작업허가서에 서명하기 전에 기술자료 및 도면과 현장 확인을 통하여 아래 사항들을 점검하여야 한다.

- (1) 수행작업이 제한공간에서 이루어지는지의 여부
- (2) 수행작업에 안전상 전기차단이 필요한지의 여부
- (3) 수행작업이 굴착작업과 병행하여 수행되는지의 여부
- (4) 점검 또는 정비결과, 검사시 방사능 사용에 의한 작업이 수행되는지의 여부
- (5) 위험지역에서 작업하는 대신 안전한 장소에서 작업 가능성
- (6) 가연성 물질 또는 독성물질의 발생 가능성 및 처리방법
- (7) 잠겨진 밸브나 막힌 배관 사이에서 액체의 열팽창 가능성
- (8) 설비 또는 기기의 내부구조 (내부포켓 또는 드레인 등) 상 유해·위험물질이 잔류할 가능성 및 환기장치 설치 필요성 여부
- (9) 초기 소화장비의 배치계획
- (10) 출입 제한 구역 계획 및 작업 중 현장입회자를 두어야 할지의 여부
- (11) 안전보호장구의 비치 여부
- (12) 작업수행전 정비작업원에 대한 공정 및 안전교육 실시 여부

### 3.6 설비의 유지관리

#### 3.6.1 일 반

각 기기의 점검(결합 또는 고장) 및 정비에 대한 이력을 기록으로 유지하여 이를 기초로 기기보전계획을 수립하고 실행함으로써 기기의 안전성을 지속적으로 유지한다.

#### 3.6.2 기기의 정비이력 기록서

(1) 모든 주요 기기는 기기의 점검 및 정비작업 결과보고서를 요약하여 별도 정비이력서에 점검 및 정비 사항을 유지한다.

(2) 정비 이력에 따라 이상이나 고장의 발생빈도가 많은 부분은 점검 (검사 및 시험) 주기를 증가시킨다.

(3) 정비 이력서의 내용

- ① 기기의 설계사양 및 데이터
- ② 정비 일자, 정비 담당자
- ③ 정비 구분 (예방 정비, 정기 정비)
- ④ 고장 일시 및 고장 원인
- ⑤ 정비 내용

## 4. 설비내 작업준비

### 4.1 용기의 운전정지 및 청소작업

#### 4.1.1. 용기의 운전정지

용기내 작업을 위해 용기의 운전을 정지할 때는 미리 정해진 작업순서에 따라 원료 공급을 중단하고 내용물을 배출시켜 용기의 압력 또는 액면 레벨을 가능한 한 최소로 유지한다.

압력용기인 경우에는 용기내부의 압력에 주의하면서 서서히 조작할 필요가 있다. 용기의 운전정지시에 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

## (1) 운전정지전의 확인사항

- ① 용기가 정지가능한 조업상태에 있어야 한다. 이 시점에서 운전상황을 확인하고 계기류의 이상유무를 점검한다.
- ② 유틸리티와 치환용 가스의 준비 상태를 확인한다.
- ③ 필요한 공구와 보호구, 분석기구 등의 점검을 한다.

## (2) 원료의 공급중단

원료의 공급중단은 미리 정해진 순서에 따라 정확하게 시행되어야 하며 밸브류의 차단과 관련부서와의 연락방법 등을 미리 정해 놓아야 한다.

## 4.1.2 중단상태의 확인

- (1) 가연성 물질을 저장한 용기에 연결된 배관 등은 화재의 위험이 있는 관련 시설과 완전하게 분리시킨다.
- (2) 주요밸브의 개폐, 압력계, 온도계, 전원 등은 정지상태로 되어 있어야 한다. 특히 밸브는 확실하게 잠겨있는지 확인하여야 한다.
- (3) 내압이 걸려 있는 용기는 압력이 완전히 대기압 상태로 되어 있어야 한다.

## 4.1.3 용기내용물의 배출

- (1) 용기를 개방하기 전에는 모든 잔여 화학물질이 가능한 한 최소한의 레벨까지 배출되어야 한다. 배출시 저장탱크 내부의 잔유물을 부양시키기 위해 기설치되어 있는 배관을 통해 물을 추가로 주입시켜 배출시킬 수도 있다.
- (2) 가연성물질을 저장했던 용기에 대해서는 물, 증기, 불활성가스 등으로 세정하거나 퍼지(PURGE)를 하여 가연성물질 등을 완전히 배출시켜야 한다.
- (3) 저부에 찌꺼기가 남아 있을 때는 용기의 외측에서 작업을 하여 이를 될 수 있는 한 제거한다.

- (4) 비전도성 액체(벤젠, 에텔 등)를 용기로부터 유출시킬 때는 유동에 의한 정전기의 발생을 방지하기 위하여 용기와 받는 용기를 도선으로 접속하여야 한다.

#### 4.1.4 청소준비

- (1) 용기 청소방법을 잘 알고 있는 감독자가 작업현장에 배치되어야 한다.
- (2) 감독자는 용기내에 과거에 저장되었거나 혹은 가장 최근에 저장되었던 화학물질의 종류 뿐만 아니라 저장탱크내의 슬러지 및 탱크자체의 외관상태 등을 잘 알아야 하며, 내부 청소전에 현장조사를 실시하여 청소작업을 실시하기에 안전한가를 결정해야 한다.
- (3) 청소를 위해 사용되는 장비는 결함이 없고, 의도된 목적에 사용하기 적합한가를 확인하기 위해 검사되어야 하며, 작업자는 모든 장비의 사용방법을 교육받아야 한다.
- (4) 작업자는 용기내부 청소중 안전대책, 구조절차, 화재 및 건강상 위험요인 등에 대해 교육받고 잘 숙지하고 있어야 한다.

#### 4.1.5 점화원 억제

- (1) 용기내부 청소를 시작 후에는 용기내에 증기 및 슬러지 등이 제거될 때까지 전기 혹은 내연기관 등 점화원이 될 수 있는 것은 사용하지 않아야 한다.
- (2) 전기 혹은 내연기관 등을 사용할 때에는 용기로부터 멀리 설치하여야 하며, 바람으로 증기가 이동되어 위험한 상태로 된 지역이나 천둥 및 번개가 치는 지역에서 작업을 하여서는 안된다.
- (3) 용기내부에서는 가연성 증기가 없어질 때까지는 방폭전기기구를 사용하여야 한다.
- (4) 작업중에 예상치 못한 점화원이 생길 가능성이 있으므로 용기내부 환기 및 청소작업시에는 지상 근처에서 증기의 발산을 피하도록 하여야 한다.

- (5) 야간에 용기 내부작업을 하는 것은 감독자, 감시원, 작업원 등의 제한된 시야로 인해 위험한 상태가 발생할 수 있으므로 피해야 한다.

## 4.2 용기의 격리 및 개방

### 4.2.1 맹판설치

- (1) 맹판을 설치하는 작업시에는 사전에 작업허가를 받아야 한다.
- (2) 용기내부의 잔유물을 제거한 후 용기에 연결된 모든 배관은 가능한 한 용기로부터 가장 가까운 지점에 맹판을 설치하여 배관을 통해서 용기로 화학물질이 들어가는 것을 방지하여야 한다.
- (3) 교반기와 같이 용기내부에서 움직이는 부분은 전기적, 기계적으로 분리하여 용기내부 작업중에 시동될 수 없도록 하여야 한다.
- (4) 맹판 설치시에는 설치위치 등이 나타나는 맹판리스트를 작성한 후 이에 따라 설치하는 것이 바람직하며, 설치 후에는 꼭 설치상태를 확인하고 적합한 꼬리표를 부착하여야 한다. 이 때 사용하는 맹판은 크게 하고 특별한 채색을 하여 맹판삽입이 용이하게 눈에 띄이도록 하여 둔다.

### 4.2.2 밸브 등의 시건

- (1) 상기방법으로 배관을 차단하지 못할 때는 밸브류 등을 잠그고, 작업중에는 열지 못하도록 시건 등의 조치를 하고 그 표식을 하여 둔다.
- (2) 열쇠는 용기속에 들어가는 작업원에 보관시키고 작업종료 후에 이것을 여는 권한은 용기 작업원에게만 부여한다.
- (3) 밸브를 막아도 누출될 염려가 있으므로 다시 맹판을 삽입하는 것이 좋다.

### 4.2.3 꼬리표 부착

꼬리표 부착은 작업시 타인의 착수로 인하여 위험하다고 인정되거나 주의를 요하는 경우 이를 표시하여 경각심을 고취시킴으로써 작업원의 상해와 장비파손 등의 사고를 미연에 방지함을 목적으로 한다.

꼬리표는 사용목적에 따라 색을 구분하여 사용하는 것이 효과적이다.

## (1) 위험 꼬리표

위험꼬리표는 작업을 위하여 맹판설치시 또는 전기장비의 스위치 개폐 금지 목적으로 사용하는 것으로 아래 사항에 따라 부착해야 한다.

- ① 시스템 격리용 맹판 설치시에는 작업허가서를 발급받아야 한다.
- ② 꼬리표를 부착하는 작업자는 꼬리표에 장치 또는 설비명, 내용(부착사유), 부착일자, 시간, 성명, 직책, 부서명 등을 명확히 기재하고 서명한 후에 부착하여야 한다.
- ③ 꼬리표는 붙인 사람이 직접 제거해야 하며, 시스템 격리용 맹판의 꼬리표 제거시는 반드시 사전에 감독자의 승인 및 확인후 실시하여야 한다.
- ④ 시스템 격리용 맹판설치 현황을 전종업원에게 주지시켜야 한다.

## (2) 경고꼬리표

경고꼬리표는 화학물질의 사용 또는 밸브, 스위치 등의 조정장치와 비전기 장치의 부분사용 및 사용금지를 목적으로 한다.

- ① 꼬리표를 부착하는 작업자는 꼬리표에 장치 또는 설비명, 내용(꼬리표 부착사유), 부착일자, 시간, 성명, 직책, 부서명 등을 명확히 기재하고 서명한 후에 부착하여야 한다.
- ② 꼬리표는 붙인 사람이 직접 제거하여야 하며 꼬리표를 붙인 사람이 없을 때 부득이 제거하여야 할 경우에는 감독자의 허락을 얻어 제거할 수 있다.
- ③ 밸브, 스위치, 레바, 클러치 등의 조정장치에 황색(경고) 꼬리표가 붙어 있을 때는 누구도 작동시켜서는 안된다.

## (3) 스위치 개폐 확인카드(위험 : DANGER)

- ① 카드 부착자는 작업내용, 스위치, 개방일시, 작업자, 감독자 등을 기입하고 서명해야 한다.
- ② 스위치 개폐확인 카드는 반드시 전기담당 작업자와 동력 담당 작업자가 논의하여 2인 이상 서명한 후 설치하며, 설치된 꼬리표는 양분하여 각각 소지하여야 한다.
- ③ 전기작업 종료 후 부착된 꼬리표는 꼬리표상에 서명된 작업자가 입회하여 전기담당 작업자가 소지한 꼬리표와 부착된 꼬리표와 일련번호 및 작업내용 등을 확인후 제거해야 한다.
- ④ 상기 적색꼬리표, 황색꼬리표, 스위치 개폐 확인카드 등은 그 사용 용도 외에 타목적으로 사용할 수 없다.

## 4.2.4 개방

(1) 용기를 개방기 전에 다음과 같은 사항을 확인한 후 개방한다.

항 목	확 인 내 용
작업책임자	작업책임자는 결정되었는가?
작 업 자	① 작업자는 작업의 위험성에 대하여 교육을 받았는가? ② 이상 발생시 긴급 조치요령을 알고 있는가? ③ 작업자의 복장, 신발은 적절한가?
작 업 장 소	① 작업장소의 적절한 위치에 “작업중”“화기엄금”“출입금지” 등의 표지는 되어 있는가? ② 맨홀 등은 전부 열려 있는가? ③ 용기와 연결된 배관 등은 떼어놓든지 또는 맹판 등으로 완전히 차단하고 있는가? ④ 환기는 충분한가? ⑤ 송, 배기구의 위치는 적당한가? ⑥ 방폭형 전기기구를 사용하고 있는가? ⑦ 전기기구(코오드) 등의 절연상태를 확인하고 있는가? ⑧ 필요한 보호구는 준비되어 있는가? - 마스크, 안전공구 등 ⑨ 필요한 작업도구는 준비되어 있는가? - 사다리, 안전도구 등 ⑩ 담배, 성냥, 라이터 등을 가지고 들어가는 일은 없는가? ⑪ 피난구 등 대피의 준비는 충분한가?

(2) 용기는 개방과 동시에 맨홀 등의 출입구에 “출입불가” 혹은 “출입금지” 표시판을 부착하여야 한다.

## 5. 설비 및 기자재 운반작업

### 5.1 체인블록 사용작업

- (1) 기어(마모, 베어링의 헐거움, 스프링), 브레이크(마모, 작동상태), 훅크(변형과 마모), 체인(이음부분의 손상, 링크의 손상 및 늘어남) 등을 점검한다.
- (2) 사용하기 전에 들어올릴 물건에 대하여 충분한 강도를 가지고 있는가를 확인한다.
- (3) 체인블록에 하중이 직접 걸리는 부분은 충격하중이 작용하는 경우를 고려해서 강제를 사용한다.
- (4) 정격하중 이하로 작업한다.
- (5) 체인블록 사용에 의한 사고의 대부분이 체인의 파단에 있으므로 체인의 안전율을 5이상으로 사용한다.
- (6) 다음 경우의 체인을 사용하지 않아야 한다.
  - ① 길이(장경)가 제조시에 비해 길이의 5%를 초과하여 늘어난 것.
  - ② 링의 단면이 제조시에 비해 직경의 10%이상 감소한 것.
  - ③ 균열이 있는 것.
  - ④ 심히 변형된 것.
- (7) 방폭지역에서 사용되는 체인블록은 체인과 활차의 마찰로 인한 불꽃 발생의 우려가 있으므로 활차 등은 불꽃이 발생하지 않는 재질을 선정하여야 한다.

### 5.2 호이스트 사용작업

- (1) 운전자는 작업복의 소매나 바지 옷자락을 졸라매고 미끄러지지 않는 신발을 착용한다.
- (2) 호이스트는 매일 사용하기 전에 반드시 각 부분의 점검, 주유, 소제 등을 하고 특히 다음 사항에 대해서는 충분한 주의를 기울여 점검한다.

- ① 리밋트스위치는 작동에 이상이 없는가?
- ② 마그네트 브레이크는 정상으로 작동하는가?
- ③ 누름보턴 스위치는 정상으로 작동하는가?
- ④ 훅크, 활차에 마모나 흠 등이 없는가? 훅크 상단의 회전은 양호한가?
- ⑤ 와이어로프의 소선의 절단, 마모, 꼬임은 없는가?

(3) 다음의 경우에는 호이스트 사용을 중지하여야 한다.

- ① 와이어로프의 상태가 불안할 때
- ② 호이스트의 몸체, 매달이 기구에 이상이 보일 때
- ③ 훅크가 물체의 중심으로부터 크게 벗어난 위치에서 매달 때
- ④ 와이어로프가 엉겼을때.
- ⑤ 정격하중 이상의 중량물을 취급시.

(4) 주행시에는 특히 다음 사항에 주의하여야 한다.

- ① 정지시에는 일단 정지하고 주위를 확인한 뒤에 완전히 정지시킬 것.
- ② 주행 스톱퍼에 충돌시키지 말 것.

(5) 물건을 내릴 때에는 지면 가까이에 호이스트를 일단 정지시키고 내려놓을 장소가 안전한가를 확인한 후에 내려놓아야 한다.

(6) 물건을 매달아 둔 채로 방치하지 않아야 한다.

(7) 작업한 뒤 훅크의 높이는 작업바닥에서 약 2미터의 높이를 유지하여야 한다.

### 5.3 이동식크레인 사용작업

(1) 이동식크레인 검사증의 비치 및 크레인운전사의 면허증을 확인한다.

(2) 기계의 운전취급에 숙지된 책임자임을 확인한다.

- (3) 설치작업계획을 사전에 충분히 협의해서 작업내용, 작업공정, 작업장소, 달아올리는 물건의 하중, 작업반경, 설치높이, 붐의 길이, 수신호 방법 등을 확인한다.
- (4) 크레인 작업장소의 지반내력 등이 안전한지 충분히 확인한다.
- (5) 로프걸기 작업자는 유자격자 또는 유경험자이어야 하며 달기구와이어는 하중에 대해 안전한가를 확인한다.
- (6) 달기하중이 크레인 사양에서 정해진 작업 반경 및 붐길이를 감안한 작업허용범위 이내의 무게인지 확인하여야 한다.
- (7) 작업신호 방법이 크레인 운전자와 신호자 양방이 일치하는가를 확인한다.
- (8) 크레인 운전자는 트럭크레인 등에 설치된 아웃트리거(OUT TRIGGER)를 수평으로 설치하여 지면과 접촉상태를 항시 확인하고 이때 지면위에는 받침목 등을 사전에 준비하여야 한다.
- (9) 크레인의 붐을 내릴 경우는 작업반경이 커지나 운전자의 오판시 과하중을 들어 올릴 수도 있다. 특히 대형 크레인일 경우 붐길이 40m이상인 작업에서는 운전자의 경험에만 의존하지 말고 항상 작업 반경의 변경에 따른 매달기 능력은 하중차트를 이용하여 치밀하게 정하여야 한다.
- (10) 이동식크레인을 취급하는데 있어서는 작업준비절차, 작업 및 이동작업 등의 작업기준을 설정하고, 작업시에는 이 기준을 충실히 지켜야 한다.

## 5.4 매달기 작업시의 안전

### 5.4.1 매달기 일반수칙

- (1) 작업내용을 숙지하고 안전도를 확인한다.
- (2) 세심하고 신중하게 실시하고 서두르지 않아야 한다.
- (3) 달기 작업자와 신호자는 상호호흡을 맞춰 작업을 실시한다.

- (4) 복장은 단정하고 활동이 자유로운 것을 선택한다.
- (5) 안전화는 미끄러지지 않는 것을 선택한다.
- (6) 급정지를하여 크레인에 충격을 주지않아야 한다.
- (7) 매달아 올릴 물건의 중량을 오관하지 않아야 한다.
- (8) 매달기는 각도는 60도 이내로 한다.
- (9) 고열물의 취급시에는 체인을 사용한다.
- (10) 한가닥 걸이는 엄금하고 4가닥 걸이나 2가닥 걸이로 한다.
- (11) 모서리가 예리한 곳이나 손상하기 쉬운 곳은 고무나 나무 등으로 덧대어 준다.
- (12) 와이어로프나 체인은 바닥 밑으로 늘어 뜨리지 않아야 한다.
- (13) 장애물이 없을 때는 되도록 낮게 운반한다.

#### 5.4.2 이동작업시의 안전

- (1) 매달아 올린 물건의 동요하거나 선회하지 않도록 속도를 조절한다.
- (2) 매달아 올린 물건을 이동할 때는 특수한 경우를 제외하고 그 높이를 2미터 이상으로 유지하며 사람의 머리 위를 피한다.
- (3) 주행시 긴 물건을 옆으로 돌리면 미끄러지면서 떨어져 다른 물체에 충돌하므로 특히 주의한다.
- (4) 굵힘이 큰 철판이나 긴 물건을 높이 매달아 올리지 말고 안전한 통로상을 선정하여 조심스럽게 운반한다.

- (5) 미끄러지기 쉬운 물체를 운반할 때에는 주행 시작시점과 끝시점에 급격하게 출발 또는 정지하지 않도록 주의한다.
- (6) 매달아 올린 물건에 사람이 타고 있을 때는 사람이 내릴 때까지는 운전하지 않아야 한다.
- (7) 급정지를 하여 크레인에 이상 충격을 주지 않아야 한다.
- (8) 목표지점에 거의 도달하면 1차로 속도를 줄이고 소정의 위치에 도달할 때에 조용히 브레이크를 걸어서 정지한다.
- (9) 주행중에는 경광등을 사용하고 필요시에는 경적을 울려서 경고한다.
- (10) 역회전을 할 때는 스위치를 끈후 일단 정지후 점검을 하고, 계속하여 스위치를 조작하지 않아야 한다.

#### 5.4.3 길이가 긴 물건을 들어올리는 방법

- (1) 긴 물건을 수평으로 취급할 때는 2개 이상의 조임 또는 물림 개소를 만든다.
- (2) 조임 또는 물림 개소가 없을 때는 물건의 수평을 유지하도록 와이어로프를 걸고 양 끝에 보조로프를 걸어 물건의 동요를 막는다.
- (3) 들어올리는 각도가 90도 정도에서 미끄러짐을 막기 위하여는 여러차례 감아야 한다.
- (4) 감아올릴 때에는 일단 정지하고 와이어로프의 걸은 상태를 확인한다.
- (5) 와이어로프의 양쪽에 평행을 이루도록 중량을 유지한다. 매달린 각도가 너무 작을때는 의외로 절단되기 쉬우므로 충분히 주의하여야 한다.

#### 5.4.4 기타 작업시의 안전

- (1) 특수한 물건에 대해서는 전용의 매달기 기구를 사용한다.

- (2) 물건을 묶어서 매달거나 조였을 때의 각도가 120도를 넘지 않도록 한다.
- (3) 물건의 형상, 크기에 따라 120도 이내로 유지하는 것이 어려울 때는 다음 사항을 준수한다.
  - ① 안전계수를 많이 줄 것.
  - ② 보조 와이어로프를 부착할 것.

## 6. 용기의 세척작업

### 6.1 물세척

- (1) 용기내 화학물질 혹은 그 가스가 수용성이면 물을 용기내에 주입하고 배수시키는 방법으로 화학물질 혹은 가스를 제거할 수 있다.
- (2) 물세척을 할 때 주의할 점은 증기 배출구를 만들어 용기내에 증기공간이 생기지 않도록 해야 한다.
- (3) 수용성 화학물질에는 액화석유가스, 아세톤, 에틸알콜 등이 있다.

### 6.2 스팀세척

- (1) 스팀세척은 매우 유효한 것으로 입증되었지만 용기 내부의 온도가 최소한 77℃ 이상이 되도록 스팀을 유입하여야 한다. 그 이유는 만약 용기 내부의 온도가 77℃ 이하인 경우 스팀이 응축되어 용기내부의 가연성 혹은 유해한 증기가 방출되지 않을 수 있기 때문이다.
- (2) 스팀세척시 주의해야 할 점을 용기 내부로 스팀유입시 정전기적 스파크가 가연성 증기의 발화를 일으킬 수도 있으므로 스팀호스의 파이프 혹은 노즐은 용기에 접지(BONDING)되어야 하며 또한 접지되지 아니한 불필요한 물건을 용기내부에 방치해서는 안된다.

- (3) 스팀은 용기바닥 가까운 연결부위를 통해 유입되어야 하며 스팀세척 중에는 그 결과가 잘못 나올 수도 있기 때문에 가스측정을 중지하여야 한다. 따라서 스팀세척 후 가스측정을 하기 위해서는 용기 내부의 가스를 최소한 15분간 안정화시켜야 한다.
- (4) 가스농도가 그 폭발하한계의 50% 미만으로 감소되고, 공기가 측판맨홀로 유입될 때는 작업자가 용기 근처에 접근할 수 있다. 그러나 잠재적인 점화원의 유입은 가스 농도측정, 바람방향 및 속도에 근거하여 엄격히 관리되어야 한다.
- (5) 스팀세척 후에는 반드시 공기로 치환하는 작업을 해야 하며 작업자가 용기 내부로 들어가기 전에 탱크는 완전히 냉각되어야 한다.

### 6.3 화학세척(CHEMICAL CLEANING)

- (1) 용기는 화학세척으로도 내부 청소를 할 수 있다.
- (2) 작업자는 세척용 화학물질 등으로부터 피부 및 눈을 보호하기 위해 필요한 방호복, 보안경 등을 착용하여야 한다.
- (3) 화학세척시에는 반드시 세척용 화학물질 제조업자의 지시사항을 따라야 한다.

### 6.4 불활성가스에 의한 치환

- 6.4.1 스팀 및 물의 사용이 부적당한 경우에는 불활성가스(INERT GAS)에 의한 치환방법이 좋다. 불활성가스는 사용전에 성분분석을 하여야 하며 치환 후에 작업을 하고자 하는 경우는 산소농도가 작업가능한 상태로 되어야 한다. (최소한 18% 이상)
- 6.4.2 벤트 및 드레인 실시를 위해 밸브를 열 때는 조금씩 신중하게 열고 처음부터 완전히 열어서는 안된다. 또한 언제든지 신속하게 차단할 수 있도록 곁에서 주시하고 있어야 하며 그 곁을 떠나서는 안된다.

6.4.3 퍼지(PURGE)는 신중하게 하여야 하며 사고발생을 예측하고 대책을 강구하여야 한다. 가스 및 액체의 퍼지에 있어서는 다음과 같은 점에 유의한다.

- (1) 대량의 가스를 방출할 때에는 (BLOW DOWN) 배관을 통해 안전한 장소로 방출한다.
- (2) 퍼지를 개시할 때는 주위에서 화기사용의 유무를 확인한다. 이 경우 풍향과 기후 등을 충분히 고려한다.
- (3) 가스방출시 부근에 하수 등이 근접해 있는 경우에는 비석면판 등으로 기밀(SEAL)하고 나서 방출하여야 한다.
- (4) 액화가스는 대량으로 하수구에 액상으로 방출하여서는 아니된다.

## 7. 용기의 환기작업

### 7.1 용기내 환기

7.1.1 산소결핍이나 황화수소(H<sub>2</sub>S : 유기물의 부패시에 발생)에 의한 중독을 방지하기 위해서는 근본적으로 작업자가 유해·위험한 상태의 용기 내부에 들어가서는 안된다.

7.1.2 부득이하게 용기 내부에서 작업을 해야만 되는 경우는 그 내부에 들어가기 전에 감독자의 지휘에 따라 환기를 시행하여야 하며 내부 작업환경을 측정하여 모든 측정점에서의 산소농도가 18% 이상이고, 황화수소 농도가 10ppm 이하인지를 확인하여야 한다.

7.1.3 작업환경중의 산소농도와 황화수소 농도가 안전하다고 확인되더라도 작업시작의 지시가 있기 전에는 공기호흡기 등을 장비하지 않고서 용기내에서 작업을 수행해서는 아니된다. 안이한 생각으로 무관심하게 들어가 사망하는 사례가 많으므로 주의하여야 한다.

7.1.4 작업자가 한 사람이라도 위험장소에 잔류하는 한 환기는 계속하여 실시하여야 하고, 정전 등으로 환기가 중단되는 경우에는 곧바로 대피할 수 있도록 하여야 한다.

7.1.5 폭발의 방지를 위하여 질소로 충전한 용기 등에 들어갈 때는 환기할 수 없으므로 공기호흡기 등을 사용하여야 한다.

## 7.2 환기의 방법

### 7.2.1 자연환기

- (1) 자연적인 환기를 이용하는 자연환기법은 맨홀 등의 개구부에서 자연적으로 불어오는 바람을 이용하여 환기되도록 하는 방법이므로 필요환기량을 의도적으로 확보할 수 없으며 환기효율도 좋지 않고, 환기되지 않는 고립부분이 남게 되는 등의 단점이 있다.
- (2) 자연환기는 처음에는 증기가 측관 맨홀로부터 확산하며 바람이 없는 경우에는 상당히 먼 거리까지 표류할 수도 있다.
- (3) 자연환기 마지막 단계에서 바람 혹은 태양의 열로 인해 증기가 역류할 수도 있고, 증기의 표류 및 농도는 예측할 수 없는 바, 환기작업중인 저장탱크 근처에서는 어떤 작업도 허가되어져서는 안된다.
- (4) 일반적으로 산소결핍 공기나 황화수소는 통기가 좋지 않은 장소에 체류하므로, 이러한 곳에서는 자연환기 만으로는 충분한 환기가 보장되지 않으므로 주의하여야 한다.
- (5) 자연환기시에는 하부 맨홀과 상부 맨홀을 모두 열어 환기가 잘 되도록 하여야 한다.

### 7.2.2 기계적 환기

- (1) 기계환기법은 팬 등의 기계력을 이용하여 환기하는 방법으로 배기식과 송기식 및 송배기식의 3가지 종류가 있다.
- (2) 기계환기는 다소 비용이 들기는 하지만 자연환기보다는 짧은 시간에 필요한 환기를 시행할 수 있는 장점이 있다.
- (3) 협소한 장소에서 산소로서 환기하는 경우에는 산소농도의 조절이 곤란하므로 국부적인 산소과다 상태가 될 염려가 있다.

- (4) 국부적인 산소과다 상태에서는 화재나 폭발 및 화상 등이 발생할 가능성이 매우 높으며, 고농도의 산소를 장시간 동안 호흡하게 되면 산소중독 즉 산소과다증으로 될 위험성이 존재하므로 순수한 산소에 의한 환기는 바람직하지 않다.

### 7.2.3 기계적 환기시의 유의사항

기계적 환기를 시행할 경우 다음의 사항에 대해 유의하여야 한다.

- (1) 효율과 능력이 있는 환기설비로 충분한 시간동안에 걸쳐 환기를 하여야 한다.
- (2) 환기와 배기가 중단되지 않고 작업환경 내부(용기내부)가 균일하게 환기되도록 하여야 한다.
- (3) 모퉁이나 구석진 곳 등에도 환기가 이루어지도록 하여야 한다.
- (4) 신선한 공기가 인입되는 곳은 될 수 있는 한 작업자의 작업위치에 근접하여야 한다.
- (5) 필요한 동력원을 확보해 놓아야 한다. 작업중에 환기설비의 운전이 중단되지 않도록 자가발전설비도 고려하여야 한다.
- (6) 용기 내부에 가연성가스 또는 증기가 존재할 때는 방폭구조의 환기장치를 사용하여야 한다.

## 7.3 가스농도 및 산소농도 측정

### 7.3.1 농도측정

- (1) 용기내 작업전·후에는 주기적으로 용기 내·외부의 가스농도 및 산소농도를 측정해야 하며, 측정결과는 작업허가서에 기록되어야 한다.
- (2) 측정순서는 산소농도, 가연성가스 및 증기, 유독가스 순으로 수행한다.

### 7.3.2 측정장소

- (1) 유독가스가 체류하거나 불활성가스가 침입 혹은 정체할 염려가 있는 장소
- (2) 용기 내부의 수직방향 및 수평방향으로 각각 3곳 이상. 단, 비교적 넓은 장소에서는 수직, 수평 방향으로 간격이 약 5m가 되도록 측정점을 늘릴 필요가 있다.
- (3) 작업자가 출입하는 장소

### 7.3.3 측정시 유의사항

- (1) 측정자로 지명을 받은 사람은 측정방법에 대해서 충분히 숙지하고 있어야 하며, 측정장비는 사용전 필히 시험해 보아야 한다.
- (2) 측정자는 보호구 등 장비없이 용기내에 출입하여서는 안된다.
- (3) 추락의 염려가 있는 곳에서는 감시자가 측정자를 감시할 때에도 인명줄을 장비하여 안전을 확인해야 한다.
- (4) 깊은 곳의 측정시에는 공기호흡기, 산소호흡기 및 송기마스크를 구비하고 내부에 들어가, 호기밸브에서의 호기를 흡입하기 않도록 주의하여 측정해야 한다.
- (5) 측정자는 메탄가스가 존재할 염려가 있는 장소에서는, 압축산소방출식 마스크를 사용하여야 한다. 또 내부조명에는 가스폭발의 위험을 방지하기 위하여 정착식 또는 휴대식으로 보호가드 부착 또는 방폭구조의 전등을 써야 한다.
- (6) 냄새가 지독하거나, 기분이 좋지 않거나, 가벼운 두통이 있거나, 눈이 감기거나, 호흡이 힘들거나, 불쾌하여 토기가 있는 등의 징후를 감지했을 때는 즉시 작업을 중지시키고 밖으로 나오도록 한 후 다시 내부 점검을 하여 안전을 확인하여야 한다.

## 8. 용기내 작업

### 8.1 용기내 작업준비

- (1) 용기내 작업이 허가되면 용기에 “출입가” 표시판을 설치한다.
- (2) 작업중 용기주변의 작업조건에 변동이 있을 시는 즉시 작업이 중단되어야 하며 가스농도 및 산소농도 측정 후 작업허가서가 재발급될 때 까지는 용기 출입구에 “출입불가” 표시판을 부착하여야 한다.
- (3) 감시자는 작업자가 용기 내부로 들어간 시간과 목적 등을 기록해야 한다.
- (4) 감시원은 작업이 완료되었을 경우 감독자에게 작업완료 상황을 보고하여야 하며, 식사시간, 작업변동 등으로 작업이 일시 중단되는 경우에는 작업자 이외의 다른 종업원이 무단으로 용기 내부에 출입하는 것을 방지하기 위하여 용기로 연결된 사다리 등에 식별이 용이하게 “출입불가” 표시판을 부착한 후 용기를 떠나야 한다.
- (5) 비상시 공기공급을 위해 용기 가까이에 비치한 공기공급 호스의 끝부분에는 “공기”라는 표시판을 부착하여 질소라인과의 혼동을 피해야 한다.

### 8.2 화기작업을 위한 준비

작업전에 화기사용 허가수속을 완료하고 화기사용을 위한 준비로써 다음과 같은 사항을 준수하여야 한다.

- (1) 화기를 사용하는 장소(불티의 비산도 고려)로부터 일체의 위험물질과 연소하기 쉬운 물질을 제거한다.  
혹시 현장에 기름이나 위험물 및 이들의 증기가 있는 경우는 물로 수세하거나 스팀 등으로 처리를 하여 위험이 없도록 한다.
- (2) 풍향을 고려하고 방화포나 철판 등으로 위험한 증기의 출구를 막고 모래를 넣어 밀봉한다. 잔유에는 모래를 뿌려서 불티의 비산등으로 인해 착화가 일어나지 않도록 한다.

- (3) 가스감지를 실시하여 안전을 확보한다.
- (4) 지정 소화기를 준비하고 소화전 등은 즉시 사용가능한 상태로 유지한다.
- (5) 소정의 보호구 및 구급용구는 즉시 사용가능한 상태로 준비한다.
- (6) 배수관, 하수구, 전선구(CABLE DUCT), 개방된 배관 및 맨홀 등과 통하고 있는 부분이 있는 경우는 특히 주의깊게 점검하고 맹판 등으로 밀봉하여 불의의 사고 유발을 방지한다.
- (7) 증기배관은 냉각하면 감압이 되어 위험물의 증기를 빨아 들이기 때문에 화기 사용전에는 반드시 가스감지를 실시한다.
- (8) 공기배관에는 압축기류의 윤활유 등이 혼입되어 오거나 또는 공기 불어내기(AIR BLOW)용으로서 용기류에 접촉해 있기 때문에 기름이 유입되는 일이 있으므로 반드시 떼어내서 점검을 하던지 또는 안전한 장소에 통기하여 세정을 한다.
- (9) 에어폼 배관, 공업용수 배관 등에도 용기로부터 역류하는 일이 있으므로 점검을 한다.
- (10) 모든 배관은 관내부에 가스감지를 실시하여 가스가 없는 것을 확인하고 나서 화기를 사용해야 한다.

### 8.3 작업시 주의사항

용기내 작업시 주의할 점은 다음과 같다.

#### (1) 발열·발화방지

작업중 특히 필요하다고 인정하는 경우에는 물을 뿌리거나 스팀, 불활성가스 등을 사용하여 발열·발화를 방지한다.

이 경우 특히 스팀을 사용할 때는 정전기 제거대책의 일환으로 증기노즐이나 탱크 등을 접지하여야 한다.

## (2) 타격불꽃 방지

작업중에 공구를 던지거나 공구가 낙하되거나 하여 타격불꽃을 발생시키는 행위를 하여서는 아니되며 타격불꽃을 야기시킬 수 있는 공구는 사용해서는 안된다.

## (3) 정리정돈

작업현장에서는 불필요한 물건을 매일 제거하고 방화상, 소화활동상, 지장이 되지 않도록 정리정돈하는 것이 매우 중요하다.

## (4) 표시

화기사용 허가장소에는 화기사용허가 표시판을 반드시 게시하고 표시판을 보기 쉬운 장소에 필요한 수 만큼 부착하도록 한다.

## (5) 전기기기의 취급

- ① 저항기구 및 저항기는 반드시 접지를 한다.
- ② 저항기의 2차 접지선은 피용접부에 붙이고 가교 또는 지지대에 연결하지 않도록 한다.
- ③ 이동형 또는 가반형의 전기기계 기구에는 감전방지용 누전차단기를 사용한다.
- ④ 용기내부 기타 현저하게 좁은 장소에서 교류아크용접작업을 하는 경우는 자동전격방지장치가 부착된 것을 사용하며 2차측 전선은 피용접물에 확실히 접속한다.

## 8.4 작업종료시의 조치

용기내 작업시에는 일시에 다량의 과편 및 분진이 발생할 수 있다. 위험구역에서 화기를 사용할 때는 방호벽 등을 설치하기 때문에 작업장이 매우 협소하게 된다. 따라서 이들 과편 및 분진을 가능한 한 작업장 밖에 저장하여야 한다.

작업 종료 후 재사용할 물건을 작업통로이외의 적당한 장소에 정리해 놓는다. 이 경우 소화전 주위로부터 2m 이상 이격시켜야 하며 언제든지 소화활동에 지장이 없도록 주의를 기울여야 한다.

- (1) 작업시공자는 작업후의 상태 등을 점검하고 작업에 사용된 공구류, 핸드램프 등은 정리하여 개수를 점검하고 원칙적으로 지정장소에 격납하던지 또는 정비실에 보관을 의뢰하여 하여야 하며 현장 또는 설비내부에 방치된 상태로 두어서는 안된다.
- (2) 작업시공자는 작업시 발생한 폐목, 분진 등을 회사에서 지정한 장소에 반입한 것을 확인하고 작업장의 정리, 청소를 한다.
- (3) 작업시공자는 작업담당자에게 작업 종료를 보고하고 점검을 받은 후 작업일지에 작업내용 및 특기사항을 기록한다.
- (4) 용접작업 종료시는 전원을 끄고 홀다는 사람이 왕래하지 않는 장소에 보관하고 용접의 잔두는 가지고 간다.
- (5) 토치램프는 사용 후 공기를 빼고 안전한 장소에 보관한다.

## 8.5 확인점검 및 격리의 해제

- (1) 용기를 격리할 목적으로 설치한 맹판을 제거하고자 할 때는 반드시 작업허가서를 발급받아야 한다.
- (2) 용기의 출입구가 닫히기 전에 맹판을 제거할 경우는 반드시 용기내부에 다른 작업자가 있는지 여부를 확인하여야 한다.
- (3) 작업도구 등 불필요한 물건의 방치여부를 확인한 후 용기입구에 “출입불가” 표지판을 붙이고 맹판을 제거해야 한다.

## 9. 용기내부검사

### 9.1 비파괴검사

9.1.1 용기내부의 용접부위는 방사선 투과시험 및 초음파시험 등의 비파괴검사를 선택하여 시행하여야 한다. 용접부위 대한 평가 방법은 KS B 0845 및 KS D 0233에 따른다.

### 9.1.2 방사선 투과시험

(1) 방사선 투과시험의 실시는 다음과 같이 규정한다.

① 수직용접부 : 수직용접 부분의 첫번째 3m 이내에서 한곳을 선정한다. 그런후 약 30m 추가 용접선마다 방사선 지점을 선정하고 나머지는 동형용접 및 수직용접부의 주요지점에서 선정한다. 최소 두 개이상의 교점이 생기는 수직 및 수평 용접부의 교차점의 검사지점은 최소한 25%를 선정한다.

② 수평용접부 : 전용접이 규정된 경우 수평 용접부의 첫 3m 내에 한점을 선정한다. 그런후 각 추가 60m 마다 한점을 선정하고 나머지는 동형용접 및 수평용접부의 주요 지점에서 선정한다.

(2) 방사선 투과시험 지점을 선정하여야 한다.

(3) 용접이 진행됨에 따라서 가능한 한 빨리 방사선 투과시험을 실시해야 한다.

(4) 각 방사선 투과시험의 필름은 용접부 길이를 선명하게 나타내고 용접부를 중심부에 위치시키고, 고유 위치 표시 및 두께측정 혹은 용입측정 등을 표시할 적정 공간이 있는 충분한 폭이어야 한다.

(5) 방사선 투과검사 판정기준은 KS B 0845 및 ASME 보일러 및 압력용기 Code Sect. VIII, Division 1, UW-51(B)절에 따른다.

### 9.2 결함제거 및 보수

(1) 크랙을 제외한 루트(ROOT) 및 용제 비드내의 모든 결함은 보수를 하여야 한다.

- (2) 결함을 보수하기 전에 손상된 결함은 완전히 제거하여 슬래그나 기타 이물질이 퇴적되지 않도록 해야한다.
- (3) 보수된 곳은 방사선 투과시험을 전술한 바와 같은 방법으로 다시 시행하고, 동일한 방법으로 검사원이 검사결과를 판정한다.
- (4) 크랙의 보수시에는 다음의 서류를 갖추어 분석해야 한다.
- ① 크랙발생 지역의 검사방법
  - ② 크랙 제거방법
  - ③ 예열 및 내부용접층 입열량
  - ④ 용접절차 및 용접봉의 형태
  - ⑤ 내부용접층 비파괴검사에 관한 사항
  - ⑥ 후열처리
- (5) 보수작업은 용접보수에 경험이 있는 기술자의 감독하에 수행한다.
- (6) 보수한 용접부는 자분탐상검사 또는 액체침투 탐상검사를 시행하여 크랙이 완전히 제거되었는지를 확인한다.
- (7) 용기의 부위별로 추천되는 방사선 투과시험을 제외한 비파괴시험방법은 다음과 같다.

표1. 비파괴시험 방법

번호	부 위	검 사 방 법				비고
		MT(PT)	UTM	VT	VBT	
1	밑판(BOTTOM)	×	○	○	×	
2	밑판의 겹치기 이음부	○	×	○	○	
3	환형밑판	×	○	○	×	
4	환형밑판과 맞대기 이음부	○	×	○	○	
5	환형밑판과 옆판의 구석살 이음부	○	×	○	○	
6	옆판의 맞대기 이음부	○	×	○	×	
7	옆판(SHELL)	×	○	○	×	
8	옆판의 개구부	×	×	○	×	
9	푼툰덮개 상하부	×	○	×	×	Floating Roof Type
10	바닥물빼기와 밑판의 겹치기 이음부	○	×	○	○	
11	바닥드레인	×	○	○	×	
12	접지부	×	○	×	×	
13	ROOF 맞대기 이음부	○	×	○	○	Dome Roof Type
범례 : MT - 자분탐상검사 VT - 육안검사		UTM - 초음파투계측정 VBT - 진공상자시험				

### 9.3 용기 충수시험

용기 충수시험은 다음 절차에 따라 실시한다.

- (1) 충수시험에 사용할 물은 15℃ 이상의 공업용수 또는 해수를 사용한다.
- (2) 물을 채우기 전에 레벨 측정한다.

- (3) 물을 30cm 채운 후 레벨 측정한다.
- (4) 물을 용기 높이 1/2을 채운 후 레벨 측정한다.
- (5) 물을 용기 높이 3/4을 채운 후 레벨 측정한다.
- (6) 물을 만수위까지 채우고 48시간 유지한 후 레벨 측정한다.
- (7) 용기를 비운 후 레벨 측정한다.
- (8) 충수과정에서 규정치 이상으로 용기 기초의 급격한 부등침하가 발생할 경우 충수를 중단하고 용기를 비운 뒤 잭을 조여 용기 기초를 보강한 후 상기 절차에 따라 다시 실시한다.

## 10. 용단 및 용접 등 화기작업

### 10.1 일반

- (1) 모든 전기적인 용단 및 용접기계기구는 전기쇼크를 방지하기 위한 장치를 갖추도록 한다.
- (2) 모든 용단 및 용접기계·기구는 용접기는 사용전에 그 안전성을 검사하도록 한다.
- (3) 모든 용접기에는 그 주위에 적절한 소화기를 갖추도록 한다.
- (4) 모든 용단·용접 대상물은 지정된 안전한 장소에서 작업하도록 하고 이것이 어려운 경우 주위의 화재를 일으킬 수 있는 가연성 또는 인화성 물질은 안전한 곳으로 이동하거나 용접시 발생하는 스래그, 스파크 및 열로부터 보호하도록 한다.
- (5) 용단·용접사는 용접광선, 섬광, 스파크, 스래그 및 용융금속으로부터 보호받도록 전안면 보호용장비, 방화복, 가죽앞치마, 가죽장갑 등 개인 보호장비를 착용하도록 한다.

- (6) 용접용 전선, 가스호스 및 기타 용단·용접 기계는 통로, 사다리 및 계단에 방치하지 않도록 한다.
- (7) 모든 밀폐장소 및 핏트 등 제한공간에서의 용단·용접 작업시에는 예열, 용단 또는 용접하기 전에 공기 및 가스가 빠져 나갈수 있는 조치를 취하도록 한다.
- (8) 전기회로용 도관 및 인화성 물질을 보유하는 배관은 접지물로 사용하지 않도록 한다.
- (9) 모든 용단·용접 기타 화기작업을 현장책임자의 승인하에 시작할 수 있도록 한다.
- (10) 아세틸렌, 산소가스 용기는 용접스파크 및 스톨, 절단불꽃으로부터 격리하도록 한다.
- (11) 용단용 아세틸렌·산소가스 용기는 가연성·인화성 물질로부터 12m 이상 격리하고 전도방지조치를 하여 저장·취급하도록 한다.
- (12) 사용중인 용기와 빈용기는 분리하고 저장용기 및 도관은 가스별로 식별표시를 하도록 한다.
- (13) 밀폐공간에서의 용단 및 용접작업이 이루어질때는 국소배기 및 환기장치와 호흡용 산소통 등이 사용되도록 한다.
- (14) 산소는 환기목적용, 냉각용, 개인피복의 먼지제거 및 작업장 청소용으로 사용하지 않도록 한다.
- (15) 인화성 등이 알려지지 않는 페인트로 도포된 표면을 용단·용접할 경우에는 작업전 인화성 시험을 거친후 시행하도록 한다.  
표면의 페인트가 빠른 속도로 타들어 갈때는 인화성이 강한 것으로 판단한다.
- (16) 밀폐공간에서 독성물질로 도포된 표면을 용단·용접을 할 때는 용접(용단) 선으로부터 양쪽의 10cm 표면의 도포를 완전제거후 용접하거나 모든 작업자가 호흡용 보호구를 착용후 작업하도록 한다.

- (17) 용단·용접작업 중에서 화재에 대한 대비로서 감시원을 두어 화재시 소화기 사용 등을 교육하도록 한다.
- (18) 역화를 일으키는 호스나 손상을 입는 호스는 사용압력의 2배의 압력에서 또는 어떤 경우에도 20kg/cm<sup>2</sup>이상의 압력에서 견디는지 시험을 하도록 한다.
- (19) 용단·용접작업을 하는 인근장소에서 인화성물질이 있거나 페인트작업을 할 경우에는 절단·용접작업을 하지 않도록 한다.
- (20) 용단·용접의 불꽃, 스파크, 스톨그가 튀지 않도록 불연성 재료로 차단하고 용접장소에 개구부가 있을 경우 개구부를 막거나 턱을 만들어 용접스톨그가 들어가지 않도록 한다.
- (21) 벽이나, 마루 및 천정에 대하여 용접 절단을 할 때에는 그 반대편에도 동일하게 인화성 물질 등 위험을 제거한후 실시하도록 한다.

## 10.2 가스 용단·용접기계·기구

- (1) 토치밸브는 작업을 하지 않을때는 잠그고 가스공급밸브로 잠그도록 한다.
- (2) 토치밸브는 작업을 하지 않을때는 토치 및 호스는 장소에서 철수하도록 한다.
- (3) 제한된 밀폐 장소에서의 작업시에는 가스용기를 밀폐공간에 차입하지 않도록 한다.
- (4) 모든 산소-아세틸렌 또는 기타 연료가스-산소를 사용하는 용단 또는 용접기계는 토치와 호스사이에 역방향 흐름방지 체크밸브로 부착하도록 한다.
- (5) 아세틸렌 압력조정기는 1kg/cm<sup>2</sup> 이상으로 방출되지 않도록 조정한다.

## 10.3 전기 용단·용접 기계기구

- (1) 용접기에 전기공급을 정지시키는 스위치는 용접기 또는 용접기 부근에 있도록 한다.

- (2) 용접기는 접지되어야 하고 이때 지면과 접지도선 사이의 접지회로는 충분히 저항이 낮은지 확인하도록 한다.
- (3) 용접용 발전기의 단자는 용접기의 구조일부에 접속되지 않도록 한다.
- (4) 용접기 홀더의 3m이내에는 용접전선의 접속이음부나 절연피복물에 손상이 있지 않도록 한다.
- (5) 용접 전선은 고압전선에 가까이 놓지 않도록 한다.

#### 10.4 용접절차시방서 및 검정시험기록서

##### 10.4.1 용접절차시방서(WELDING PROCEDURE SPECIFICATION, WPS)작성

용접절차시방서는 특정한 용접을 실시하는데 있어 상세한 용접조건을 명시한 사양서로써 용접사가 용접시 필요한 용접변수에 대한 데이터를 제공한다.

- (1) 용접절차시방서(WPS)에는 용접절차시방서에 명시된 각 용접법에 대한 모든 필수, 비필수 및 추가필수 변수를 기술하여야 한다.
- (2) 각 변수에 대한 내용은 10.4.2항의 용접절차 검정시험 시험재 용접에서 확인된 것이어야 한다.

##### 10.4.2 용접절차 검정시험기록서(WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TEST REPORT, WPQTR)

용접절차검정시험은 용접절차 시방서에 명시된 용접조건에 따라 용접을 시행한 후 그 용접부에 대하여 사용조건에 맞는지 여부를 확인하기 위한 화학적·기계적 시험을 말하고 용접절차 검정기록서는 용접물의 사용조건에 맞도록 시험재 용접에서 얻어진 최적의 용접조건과 검정시험결과를 기록한 문서이다.

## (1) 화학성분시험

용착금속의 모재와 동일한 경우 화학성분시험을 생략할 수도 있으나 덧살붙임 용접(OVERLAY WELDING) 또는 자동용접(SUBMERGED ARC WELDING, SAW)에서 소결형 후락스 (BONDED FLUX)을 사용한 경우에는 화학성분시험을 행할 수 있다.

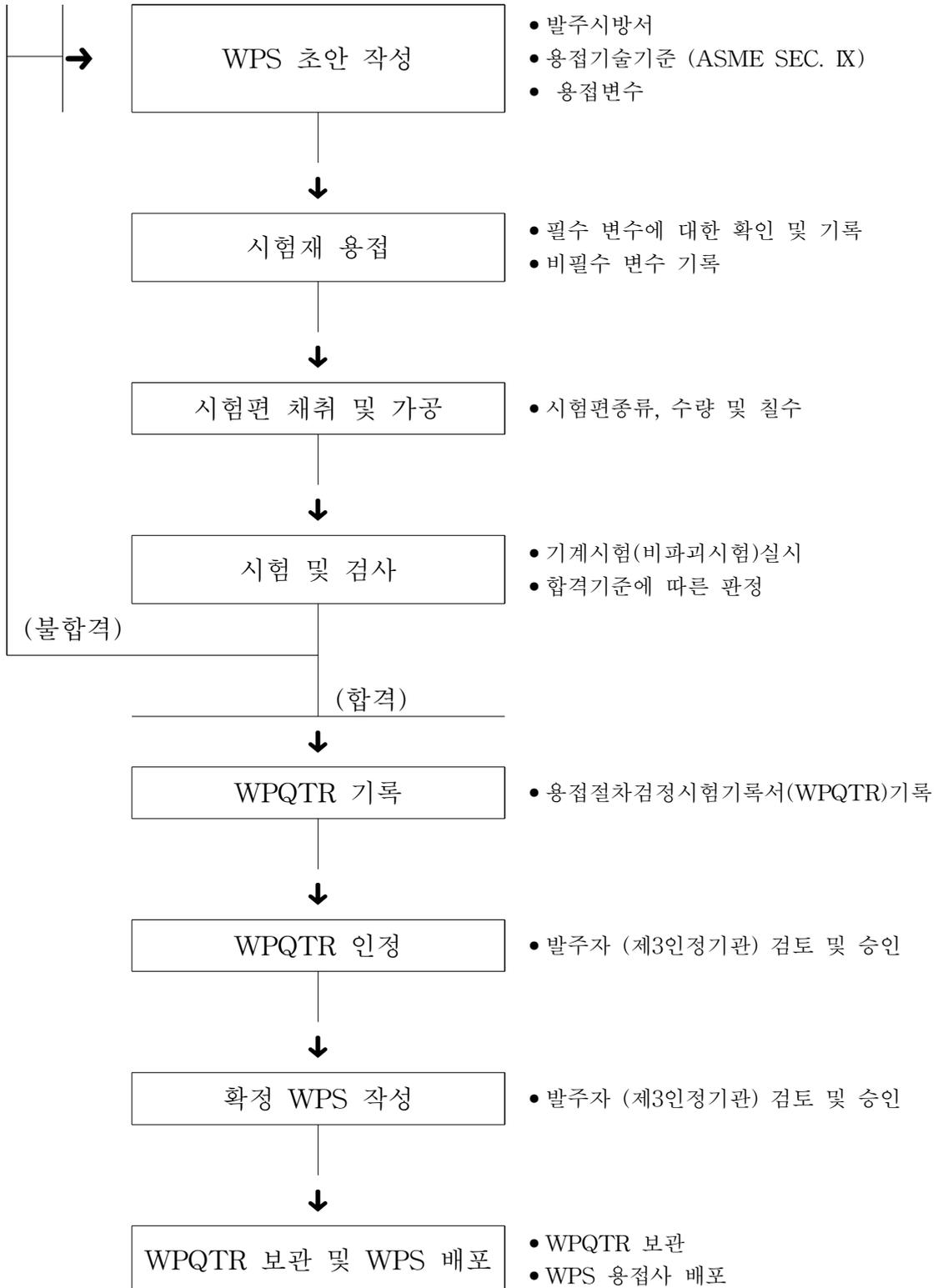
## (2) 기계시험

- ① 인장시험
- ② 굽힘시험
- ③ 필렛 용접시험
- ④ 충격시험

## (3) 비파괴검사

- ① 육안검사
- ② 방사선 투과시험(필요한 경우 기계시험 대신수행)
- ③ 액체침투 탐상시험

10.4.3 용접절차시방서 및 검정시험기록서 작성흐름도



## 10.5 용접사 자격시험(WELDER QUALIFICATION TEST, WQT) 및 용접사 검정 기록서(WELDER QUALIFICATION TEST REPORT, WQTR)

10.5.1 용접사 검정시험은 검정된 용접절차시방서(WPS)에 따라 용접사 및 자동용접사가 용접물의 사용조건에 적합한 용접부를 만드는지 여부를 확인하기 위하여 실시하는 것이며 용접사 검정기록서는 용접사 검정시험재 용접에서 확인된 필수 및 비필수 변수와 자격인정범위를 기록한 문서이다.

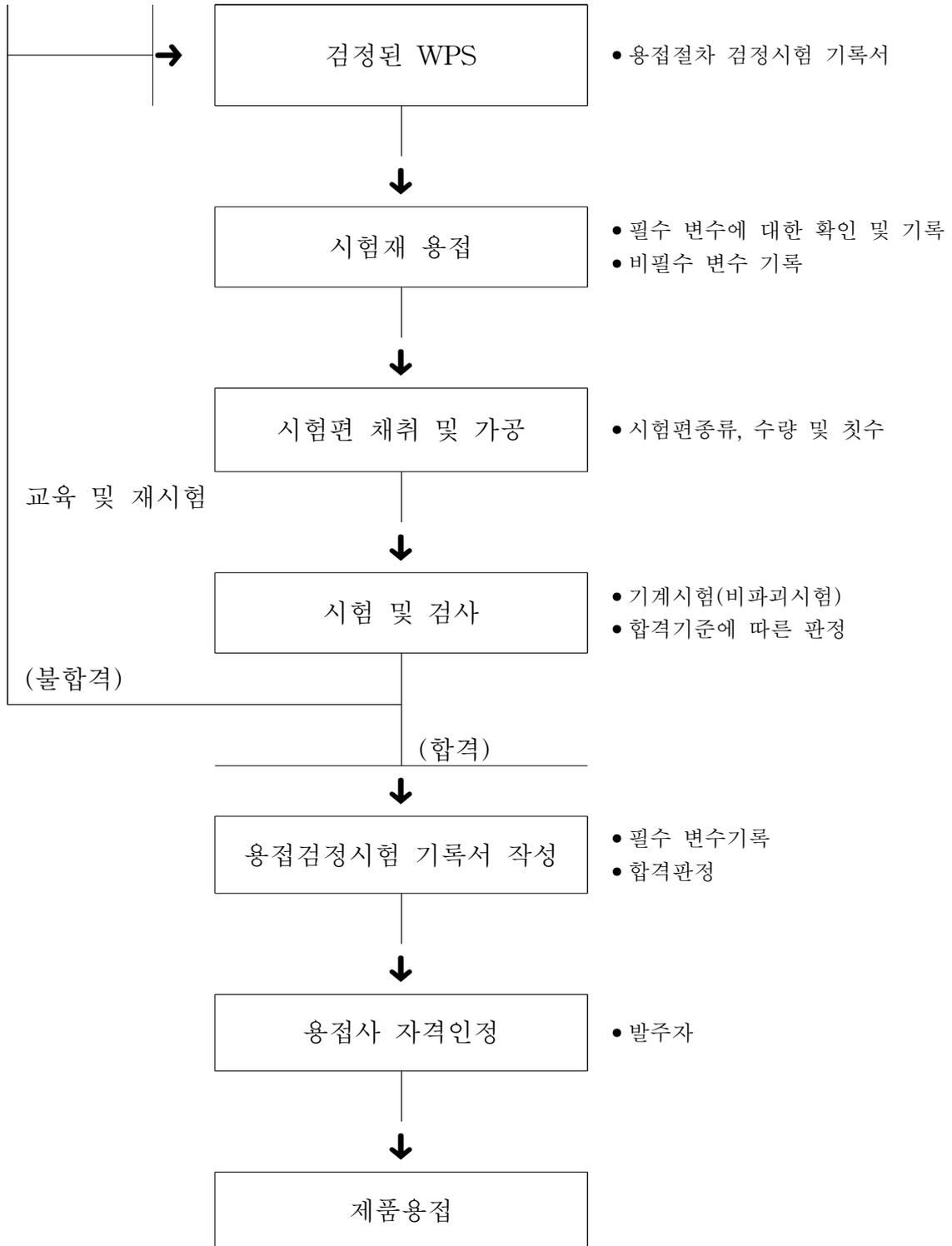
### (1) 용접사 자격용접 및 시험

- ① 시험재의 용접시에 확인된 변수의 내용과 시험결과를 실제의 내용대로 기록하여야 한다.
- ② 용접시험재 용접후 아래시험을 거쳐야 한다.
  - 용접부 육안검사(기계가공전 실시)
  - 굽힘시험(필렛용접사의 경우 필렛용접시험)
  - 방사선투과시험(기계시험대신 실시할 수 있음)
  - 액체 침투탐상시험(덧살붙임 용접 금속에 실시)

### (2) 자격용접사

- ① 자격 용접사는 검정된 용접절차시방서에 따라 용접시험재 용접을 수행하고 그 결과 합격한 자로서 동일한 용접법 및 규정된 필수변수의 제한범위 내에서 제품용접 작업을 실시할 수 있다.
- ② 자격용접시에는 자격증을 발급하고 용접사 식별번호를 부여하여 필요한 경우 제품 용접부에 용접사 식별 번호를 각인하도록 한다.

10.5.2 용접사 자격시험 흐름도



## 10.6 용접재료의 건조 및 불출

## (1) 용접재료의 선정

설비보수용 용접재료 선정은 KOSHA GUIDE "설비보수용 용접재료 선정 기준"에 따른다.

## (2) 용접재료의 저장과 건조

용접재료에 따라서는 수분을 흡수하는 경우 용접부에 헤어크랙(HAIR - CRACK)을 일으키는 원인이 될 뿐만 아니라 저수소계 용접재료에서는 수소침입의 원인이 되므로 사용전에 충분히 건조한 후 사용하여야 한다.

AWS 용접봉	KS용접봉	건조조건	사용시 보전조건
E-60XX의 등 셀룰로오스계 피복용접봉	D-43XX의 셀룰로오스계 피복용접봉	해당없음	해당없음
E-60XX의 고 티탄계 피복용접봉	D-43XX의 고티탄계 피복 용접봉	135℃±15℃ 1시간	12-24℃
E-60XX의 고산화철계 피복용접봉	D-43XX의 고산화철계 피복용접봉		
E-70XX의 티탄-산화철계 피복용접봉	D-50XX의 티탄-산화철계 피복용접봉		
E-7015, 7016, 7018 등 저수소계 피복용접봉	D-50XX계 D-60XX 저수소계 피복용접봉	260-427℃ 1~2시간	30-140℃
E-7016-XX 등 저합금강 용 저수계 피복용접봉	DT. 1216, 2316 2416, 2516 및 DL 5016XX 등 저합금강용 저수소계 용접봉	260-427℃ 2시간	30-140℃

## (3) 용접재료의 불출

- ① 용접재료의 불출시 용접 이음새 및 적용 용접기법에 따라 적합한 용접 재료가 불출되는지 확인하여야 한다.
- ② 수동 용접용 피복아크 용접봉은 4시간 사용기준하여 사용할 수 있는 분량 만큼 불출하도록 한다.

## 10.7 용접작업

- (1) 제품용접에는 10.4항의 검정된 용접절차시방서(WPS)에 따라 규정된 변수의 조건 범위내에서 용접하여야 한다.
- (2) 제품용접에는 10.5항의 용접사 자격시험에 따라 자격용접사만이 용접하여야 한다.
- (3) 용접모재의 온도가  $-20^{\circ}\text{C}$  미만인 경우는 용접하지 않도록 한다.  
용접모재의 온도가  $0^{\circ}\text{C}$ 미만  $-20^{\circ}\text{C}$ 이상일 때에는 용접이음부 양쪽으로 80mm의 범위에 걸쳐  $15^{\circ}\text{C}$  정도로 예열하여 용접하여야 한다.
- (4) 우천시 옥외에서의 용접작업은 충분한 차단설비를 하지 않고서 수행하지 않도록 한다.
- (5) 옥외 용접시 용접아크 또는 차폐가스가 흐트러질 정도의 풍속에서는 차단막을 설치한 후 용접하여야 한다.
- (6) 용접재료 및 두께에 따라 예열(PREHEATING) 및 후열 (POSTHEATING)이 필요한 경우 용접절차시방서(WPS)에 명시된 온도 및 시간 이상으로 예열 및 후열을 하도록 한다.
- (7) 용접 완료후 응력제거를 위하여 후열처리(PWHT)가 필요한 경우 후열처리 절차서에 명시된 온도 및 시간 이상으로 후열처리를 수행하도록 한다.
- (8) 용접부에 비파괴검사가 요구되는 경우 비파괴 검사를 실시하고 그 결과가 부적합한 경우 보수 용접 및 비파괴 검사를 실시하여야 한다.

## 11. 설비조립 및 설치작업

### 11.1 기기의 조립 및 설치일반

- (1) 기기의 설치공사는 시방서 혹은 도면에 규정된대로 실시하여야 한다.
- (2) 설치시 기기류의 노즐 및 그밖의 부속품은 변형 또는 손상되지 않게 보호하여야 한다.
- (3) 설치전에 기기의 기초, 구조물의 기준선 및 중심선의 마아킹을 확인한다.
- (4) 설치전에 기기의 중량을 확인하고 또한 설치용 공기구의 안전성을 확인한다.
- (5) 리프팅러그가 없는 기기를 달아올릴 경우 기기의 중심 및 와이어로프가 닿는 위치의 기기 몸체 등의 강도를 충분히 검토하여야 한다.
- (6) 기기의 정확한 방향, 설치높이, 수직도 혹은 수평도에 주의하여 기초에 손상을 주지 않도록 신중하게 설치작업을 하여야 한다.
- (7) 기기류의 설치작업은 기기 기초 및 구조물의 구조 등의 복잡한 조건에 따라 달라지므로 매 작업시 최선의 작업방법을 수립하여야 한다.
- (8) 기기류의 설치공사에는 이동식크레인에 의한 설치방법이 많이 채용되지만, 구조물내 등에 설치되는 특수한 경우에 있어서는 체인블록, 잭 및 윈치 등을 사용하게 되므로 최적의 작업 요령을 결정하여야 한다.

### 11.2 기기류의 중심내기 조정과 그라우팅공사

#### 11.2.1 중심내기 및 그라우팅 공사용공구 및 기구

- (1) 중심내기 공기구에는 ① 트랜시트 2 ② Y레벨 1 ③ 수준기 2 ④ 철제자 1식, ⑤ 줄자 (30m 등) 1식 ⑥ 전기용접기 1 ⑦ 가스도구 1식 ⑧ 다듬질용 공구류 1식을 준비한다.

- (2) 그라우팅용 공기구로서는 ① 스크랩 ② 반죽판 ③ 다짐봉 ④ 버킷 등을 준비 하여야 한다.

### 11.2.2 설치전의 기초의 확인조정

- (1) 각 기기 기초의 기준선 및 중심선을 확인하고 Y레벨 등에 의해 기기의 설치높이를 측정하여 탐류, 용기류, 열교환기 및 그밖의 기기에 따라 설치 위치를 정하며 패커를 수평으로 고정한다.
- (2) 라이너의 설치부위는 기기의 종류 및 중량에 따라 다르며 기기제작처에서 구체적인 설치시방이 정해진다.
- (3) 라이너는 플랫(FLAT)라이너와 테이퍼(TAPER)라이너의 두 종류를 준비한다. 얇은 라이너를 여러겹으로 쌓는 것은 좋지 못하며, 대개 그라우트 여유분을 25mm로 하는 설치시방이 많으므로 라이너는 두께 9mm~12mm를 선정한다.
- (4) 기기 설치시에는 필요한 수 만큼의 라이너를 앵커볼트 가까이에 준비한다.

### 11.2.3 기기의 중심내기 조정

- (1) 탐류 및 용기의 중심내기 조정 작업은 다음의 순서로 실시한다.

- ① 리액터 등 대형이며 수직형 용기의 중심내기 작업은 기기를 향하여 직각인 두 방향으로 트랜시트(TRANSIT)를 설치하여 수직도를 측정한다.
- ② 측정은 가능한 한 태양이 비추는 정오를 피하고 구름이 있는 날이나 이른 아침에 실시한다. 중심내기 조정요령은 미리 마아킹된 기기의 중심선을 트랜시트로 측량하고 수직선과의 차이를 해머 등으로써 테이퍼라이너를 미세하게 조정하여 중심내기를 한다.
- ③ 기기수직도의 표준공차는 시방서 또는 도면에, 최대편차는 기기 높이의 1/1000 또는 20mm 이내의 적은 쪽을 택한다.
- ④ 중심내기 종료후에는 앵커볼트의 너트를 완전히 조이고 와셔가 있는 것은 기기와 용접해서 고정하고 그 다음에 그라우팅을 한다.

- (2) 열교환기 및 그밖의 기기의 중심내기조정 작업은 다음의 순서로 실시한다.

- ① 설치가 끝난 기기는 그 설치높이 및 설치방향을 확인하고 수직형 기기에 대해서는 2점 이상의 수직도를 측정하고 수준기에 의해 플랜지 등의 부품에 대한 수평도 혹은 수직도를 확인한다.
- ② 용기형의 기기에 대해서는 시방서 혹은 도면에 그 수평에 대한 공차가 규정되어 있으면 Y레벨 및 수준기로 요구되는 수평도까지 테이퍼라이너 등으로써 조정하여 중심내기를 한다.
- ③ U형 열교환기 등과 같이 점검시의 조건을 생각하여 경사도가 요구되면 약간 경사지게 하여 설치한다.

#### 11.2.4 그라우팅공사

- (1) 설치된 기기류의 중심내기 조정을 끝내고 앵커볼트가 완전히 조여지고 기설치의 완료를 확인한 다음 그라우팅 공사를 시작한다.
- (2) 그라우팅을 하는데 있어서는 우선 기초면을 충분히 청소하고 물을 살포한 다음 기기와 기초와의 접촉부에 조금의 여유공간도 남지 않도록 시멘트몰타르를 충전한다.
- (3) 보통 시멘트몰타르의 배합비율은 시멘트 : 모래 = 1 : 2로 하고 이에 대해 물의 비율은 30~40%로 한다.
- (4) 진동의 발생이 우려되는 기기류는 무수축시멘트에 의한 그라우팅이 요구된다. 그러나 무수축시멘트는 보통시멘트보다 고가이므로 특별한 케이스에 한하여 사용한다. 무수축시멘트의 배합비율은 보통 무수축시멘트 : 시멘트 : 모래 = 1 : 1 : 1로 한다. 제품에 따라 자갈을 섞어 쓰는 것도 있다.

#### 11.4. 배관연결 조립

##### 11.4.1 배관과 배관연결

- (1) 배관 조립시에는 자재가 도면 및 사양에 일치하는지 확인하여야 한다.
- (2) 배관 부분은 조립전에 공기 혹은 물 등으로 파이프내의 스케일, 모래, 기름 등을 제거하고 파이프 양단은 이물질이 들어가지 못하도록 캡을 씌운다.

- (3) 플랜지 연결시에는 중심선 또는 플랜지면의 평행상태를 확인하고 볼트가 일치하도록 접속하여야 한다.
- (4) 배관의 수평은 수평측정기를 사용하여 정확히 조정하여야 한다.
- (5) 플랜지 조립작업전에 플랜지 면을 입자가 작은 사포를 사용하여 매끄럽게 처리한후 플랜지 볼트를 사양에서 정해진 조임값으로 조인다.
- (6) 계장덕트, 케이블 덕트 부근에서 화기사용작업은 케이블을 손상하지 않도록 보호한 뒤에 실시하여야 한다.
- (7) 배관 조립중에 밸브는 반 정도 열려 있는 상태이어야 하며, 중간에 밸브를 개폐해서는 안된다
- (8) 배관을 시공후 도면상 명시된 구배 및 길이가 맞는지 확인하여야 하며, 고·저지점에 벤트 및 드레인이 규정된 위치에 설치되었는지 확인해야 한다.
- (9) 신축이음은 배관의 신축방향을 고려하여 힌지가 맞게 설치되어 있는지 확인하여야 한다.
- (10) 배관의 표면이 손상되지 않도록 취급과 설치에 주의하여야 하며, 표면 결함의 깊이가 1.6mm 이상인 경우 표면 손상으로 취급하여 제거하거나 보수하여야 한다.
- (11) 표면 손상의 결함제거를 위하여 연마하는 경우 규정된 배관의 최소요구 두께보다 얇아지지 않도록 하여야 한다.

#### 11.4.2 플랜지 연결배관

- (1) 플랜지에 의한 관이음은 볼트를 채우기 전에 볼트 구멍을 정확히 맞추고 플랜지의 전면적이 균일하게 접촉할 수 있도록 설치한다.
- (2) 절연용 플랜지 키트의 설치가 도면에 명시된 경우는 부착 설치하여야 한다.

- (3) 플랜지 볼트 조임시는 토오크렌치를 사용하여 볼트체결력을 유지하도록 한다.
- (4) 볼트의 조임순서는 항상 대각선 마주보는 방향의 순으로 하여야 한다.
- (5) 플랜지 조임에 관한 상세한 사항은 KOSHA GUIDE “점쇠의 조임력에 관한 기술기준”을 참조한다.

#### 11.4.3 배관 가스킷 설치

- (1) 사용조건(내부 유체의 온도, 부식성, 시험압력과 사용압력, 플랜지의 형상, 가스킷의 폭)에 적합한 재질을 선정한다.
- (2) 플랜지면에 이물질이 부착되어 있거나 플랜지 면이 훼손되어서는 안된다.
- (3) 플랜지면에 비틀림이 없어야 하며 평행하고 중심이 어긋나지 않아야 한다.
- (4) 가스킷은 플랜지면의 정확한 위치에 장착시켜야 한다.
- (5) 소부방지 및 가스 누설방지 목적으로 가스킷에 접착제를 도포할 때에는 가능한 한 얇고 고르게 도포한다.
- (6) 운전하기 전에 반드시 재조임을 실시한다.
- (7) 면으로 제작된 시트를 사용할 때에는 시트를 만지거나 소금기가 있는 물에 시트가 닿지 않도록 해야 한다.

#### 11.4.4 펌프 연결배관

- (1) 베이스 위에 장착된 펌프유니트는 커플링의 중심내기가 되어 있지만 수송 중에 베이스가 왜곡되는 수가 있으므로 모든 유니트는 현지 설치시에 다시 중심내기를 하여야 한다.
- (2) 펌프 흡입관은 가능한 한 직선으로 짧게 하여야 한다. 만일 긴 흡입관이 필요한 경우는 배관의 마찰저항을 적게 하기 위해서 관치수를 크게하여야 한다.

- (3) 국부적으로 공기가 모이는 높은 부위가 없도록 하기 위하여 레듀서를 사용하는 경우에는 상부가 일직선인 형태의 편심레듀서를 사용한다.
- (4) 펌프에 접속하기 전에 완전히 플러싱하여 스케일 등의 이물이 들어가지 않도록 하여야 한다. 펌프 내부로 이물이 침입하는 것을 방지하기 위하여 펌프 흡입관 가까이에 임시 스트레이너를 설치한다.
- (5) 토출관에는 체크밸브와 잠금밸브를 설치한다. 체크밸브는 펌프와 밸브 사이에 장착하고 과도한 배압에서 펌프를 보호하며, 구동전동기의 고장이나 동력정지의 경우 유체의 역류에 의해 펌프가 역회전하는 것을 방지한다.
- (6) 배관의 플랜지면과 펌프노즐은 일단 맞추어 본 다음에 꼭 조여야 한다.
- (7) 배관은 펌프케이싱에 왜곡을 주지 않도록 펌프 가까이에 독립적으로 지지하고 고정하도록 한다.
- (8) 배관에 의한 변형은 종종 중심의 어긋남을 발생시키며 베어링의 소손, 커플링의 마멸, 진동, 샤프트의 파손 등의 원인이 되므로 유의하여야 한다.
- (9) 펌프 베어링부의 냉각, 미캐니컬시일의 냉각, 플래싱, 시일링 등의 부속배관도 관속에 이물질이 들어가지 않도록 충분히 청소한 후에 조립하여야 한다.

## 12. 수압시험 및 기밀시험

### 12.1 수압시험

압력용기는 완성후 도장 또는 라이닝을 실시하기 전에 수압시험을 하여, 누설 여부 및 내압성능을 확인하여야 한다.

#### 12.1.1 수압시험 압력

- (1) 강제 또는 비철금속제의 압력용기는 최고 허용압력(또는 설계압력)의 1.5 배의 압력에 다음의 온도 보정을 한 압력

$$P_a = P \times \frac{\sigma_n}{\sigma_a}$$

여기에서  $P_a$  : 온도 보정된 수압시험압력(kgf/cm<sup>2</sup>)

$P$  : 온도 보정전의 수압시험압력(kgf/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_n$  : 수압시험을 할 때의 온도에 있어서의 재료의 허용인장  
응력(kgf/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_a$  : 설계온도에 있어서의 재료의 허용인장응력(kgf/mm<sup>2</sup>)

- (2) 최고허용압력(또는 설계압력)이 1kgf/cm<sup>2</sup> 이하인 주철제 압력용기는 2kgf/cm<sup>2</sup>의 압력
- (3) 최고허용압력(또는 설계압력)이 1kgf/cm<sup>2</sup>를 초과하는 주철제 압력용기는 최고사용압력의 2배의 압력
- (4) 법랑 또는 유리 라이닝한 압력용기는 최고 허용압력(또는 설계압력)
- (5) 대형의 압력용기 기타 그 구조가 물을 채우기에 적합치 않은 압력용기의 수압시험은 기압시험으로 대신 할 수 있다. 이 경우에 있어서 시험압력은 최고허용압력(또는 설계압력)의 1.25배의 압력에 제1호에 의한 온도보정을 한 압력으로 한다.
- (6) 다만 수압시험 대신 기압시험을 실시하는 경우에는 압력용기의 용접부에 100% 방사선 검사를 실시하여 이상이 없는지를 확인하여야 한다. 다만, 1차로 수압시험을 실시후에 2차로 기압시험을 실시하는 경우는 그러하지 아니하다.
- (7) 기압시험은 대단히 위험한 검사방법이므로 가급적 피하는 것이 좋으나, 불가피하게 실시하여야 할 경우 압력용기의 주위에 방호벽을 설치하거나 압력용기를 참호속과 같은 안전한 곳에 두고 검사를 실시하여 만약에 발생할지도 모르는 시험도중의 폭발사고 등을 예방하여야 한다.

### 12.1.2 수압시험 방법

- (1) 수압시험에 사용하는 물의 온도는 압력용기가 취성과파괴를 일으킬 우려가 없는 온도로 해야 한다.
- (2) 물을 충전한 다음 잔류공기를 제거하고 가압하여 승압시킨 후 압력을 유지하면서 용접부분을 비롯한 각 연결부분을 점검해서, 누설, 변형 등 기타의 이상이 없어야 한다.

- (3) 수압압력유지 시간은 시험압력에 도달한 다음 30분간 이상으로 해야한다.
- (4) 압력계는 최대 눈금이 시험압력의 1.5배이상 3배이하의 것을 2개 사용해야 한다.
- (5) 수압시험시에 사용하는 물은 이물질이 없는 깨끗한 물을 사용하여야 하며 특히 오오스테나이트계 스테인리스 강관으로 용접 제작된 압력용기의 수압 시험시에는 물에 함유된 염소의 농도가 약50PPM을 초과하지 않아야 한다.

## 12.2 기압시험 방법

- (1) 기압시험은 공기, 질소 등 위험성이 없는 기체를 사용해야 한다.
- (2) 기압시험에 사용하는 기체의 온도는 압력용기가 취성과파괴를 일으킬 우려가 없는 온도로 해야한다.
- (3) 기압시험은 시험압력의 50%까지 서서히 가압하여 각부에 이상이 없음을 확인한 다음 10%씩 단계적으로 가압하여 각 단계별로 5분이상 유지하면서 시험압력까지 상승시킨 후, 다시 설계압력까지 압력을 내리고 이 압력에서 국부적인 팽창 또는 누설 등의 이상이 없는가를 확인하여야 한다.

## 12.3 기밀시험

수압시험 또는 기압시험을 종료한 후에 물을 제거하고, 안전장치, 밸브류, 압력계, 액면계 등의 부속설비를 모두 부착한 후 다음 각호의 규정에 의해 실시하여야 한다.

- (1) 기밀시험의 압력은 설계압력 이상의 압력으로 하고, 그 압력을 유지하면서 발포제 등을 이용하여 누설여부를 확인하여야 한다.
- (2) 동체, 맨홀, 노즐넥 등을 라이닝으로 시공한 경우에는 라이닝제의 용접선도 포함해서 발포제 등을 이용하여 누설여부를 확인하여야 한다.
- (3) 압력유지시간은 시험압력에 도달한 다음 15분 이상으로 하여야 한다.

## 13. 정비후 운전개시

### 13.1 주변환경의 정리정돈

- (1) 작업장의 난잡한 상태에서 운전해 들어가면 작업동작시 위험하기 때문에 정리정돈 청소를 하여야 한다.
- (2) 경보장치와 안전설비가 정상 작동하도록 되어 있는 것을 확인한다.

### 13.2 정비후 운전개시 계획의 결정과 부서간 연락철저

- (1) 정비후 운전을 재개할 때는 시동할 장치, 기기를 명확하게 구분한다.
- (2) 운전순서 및 신호방식, 밸브의 개폐분석 등 조작순서를 정한다.
- (3) 조작담당자 등 지휘명령 계통을 확실히 한다.
- (4) 연락부분에 대한 연락방법을 협의한다.
- (5) 각 운전원은 어떤 사람의 지휘에 의해 어떤 작업을 할 것인지를 확인 시동한다.

### 13.3 장치의 점검

- (1) 압력계, 온도계, 유량계 등 각종 계기류와 안전밸브 및 기타 밸브류의 기능을 점검한다.
- (2) 장치내의 유분, 수분 등의 유·무를 조사한다.
- (3) 작업중에 설치된 맹판의 철거확인 및 볼트의 체결상태를 점검한다.
- (4) 플랜지 부위에 삽입한 가스킷은 적정한 것을 사용하였는지를 점검한다.
- (5) 시건장치가 필요한 밸브에는 정확하게 시건되어 있는지를 확인한다.

(6) 압력방출설비는 공정배관계장도에 표시된 상태로 되어 있는지를 점검한다.

(7) 기계류의 윤활유 상황, 안전카바류의 부착 상태 등을 확인한다.

## 14. 작업용 전원의 설치작업

### 14.1 일반지역 내에서의 작업

설비해체 등의 작업에 필요한 전원을 설치하고자 하는 경우에는 감전사고를 방지하기 위해서 다음의 조치를 취하여야 한다.

- (1) 작업용 전원은 규정된 콘센트, 케이블 등을 사용하여 인출하여야 한다.
- (2) 전원 1차 측에는 과전류 검출의 누전차단기를 부착하여야 한다.
- (3) 용접기, 가반식의 전기드릴 등 도전성을 갖는 전기기기의 외함은 확실하게 접지시키고 작업하도록 한다.
- (4) 습기 또는 물기가 있는 곳에서의 전기기기 사용은 원칙적으로 금하되, 부득이 한 경우에는 바닥위의 (2), (3)의 조치를 한 후 고무매트 등의 절연물질로 깔고 작업하여야 한다.
- (5) 작업장 바닥 또는 통로에는 노즐배선을 설치해서는 안된다.  
부득이 임시배선을 설치하고자 하는 경우에는 차량 및 통행인 들에 의해 배선이 손상되지 않도록 나무 등의 견고한 물질로 방호하거나, 가공으로 설치하여야 한다.
- (6) 전기기기의 분해, 점검 등을 하고자 하는 경우에는 반드시 주 차단기를 OFF시키고 시건장치 또는 위험표지를 한후 관련작업을 하여야 한다.

### 14.2 방폭지역 내에서의 작업

설비해체 등의 작업이 방폭지역내에서 행해지는 경우에는 화재·폭발사고를 방지하기 위해 제13.1항 이외에 다음의 조치를 추가로 시행하여야 한다.

- (1) 설비가 운휴중이라 하더라도, 규정된 안전작업허가 절차에 따라 작업이 시행되어야 하며, 필요한 경우 가스감지기, 소화기 등을 준비하여야 한다.
- (2) 작업에 소요되는 전기기기, 케이블 콘센트 등은 방폭성능이 있는 것을 사용하여야 한다.
- (3) 정전기로 인한 화재폭발을 방지하기 위하여 정전기의 대전 및 방전이 우려되는 곳에서는 설비의 접지, 면작업복의 착용 등의 필요한 안전조치를 취하여야 한다.

#### 14.3 작업 시작전 점검

작업에 필요한 전기기기, 배선, 절연용 보호구, 절연용 방호구 등은 작업시작전에 이상유무를 확인한후 사용하여야 한다.