

KOSHA GUIDE

P - 158 - 2017

장거리 이송배관 안전관리에 관한
기술지침

2017. 10.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : Air Products Asia Process Safety 이윤호

○ 제·개정 경과

- 2017년 10월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련 규격 및 자료

- EIGA IGC 13/12/E, "Oxygen Pipeline And Piping Systems", 2013
- EIGA IGC 120/14/E, "Carbon Monoxide and Syngas Pipeline Systems", 2014
- EIGA IGC121/12, "Hydrogen Pipeline Systems", 2014
- Pipeline Safety Trust, Pipeline Briefing Paper #2: Pipeline Basics & Specifics About Natural Gas Pipelines, 2015
- 6th EGIG Report 1970-2004, Gas Pipeline Incidents, 2005
- AIChE CCPS, Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis, 1995
- AIChE CCPS, Guidelines for Chemical Transportation Safety, Security, and Risk, 2008
- Horng-Jang Liaw, Lessons in Process Safety Management Learned in the Kaohsiung Gas Explosion Accident in Taiwan, Process Safety Progress Vol.35, 2016
- API, RP1175, Pipeline Leak Detection - Program Management, 2015

○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 (www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 교정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2017년 10월 31일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

장거리 이송배관 안전관리에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 정유, 석유화학, 화학 및 각종 가스 취급 사업장 내·외 지하 또는 지상으로 연결되어 이송하는 배관에 대한 설계 및 안전을 확보하는데 필요한 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 정유, 석유화학, 화학 및 각종 가스 취급 사업장 내·외의 장거리 이송배관에 적용한다. 다만, 공장 내 설비 간 일반적인 연결배관은 포함되지 않는다.

3. 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “이송배관(Transportation pipeline)”이라 함은 공장배관, 공급배관을 말하며, 일반적으로 장거리(Long distance)로 유체를 이송하는 배관으로 [부록 1]의 <그림 1>을 참조한다.

(나) “공급배관(Distribution pipeline)”이라 함은 사업장 외부의 수요자 사업장에 연결되는 배관, 감압 설비 및 관련 부속품을 말한다.

(다) “공장배관(Plant pipeline)”이라 함은 사업장 내의 단위공정시설 간 배관을 말하며, 정유, 석유화학공장과 같이 대규모 단위공정시설에 적용할 수 있다. 다만, 펌프, 압축기 등의 가압 설비에 구성된 배관은 제외한다.

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정의하는 바에 따른다.

4. 이송배관 설계시 고려사항

4.1 일반사항

이송배관을 설계시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 이송유체 특성 (예. 액상, 기상, 인화성, 독성, 조연성, 부식성 등)
- (2) 해당 지역 특성 (예. 지진 지역, 토양 특성 등)
- (3) 유체 특성에 따른 기계적 설계 측면(예. 배관 압력 범위, 배관 두께 등)을 규정한 국내·외 법규 및 코드
- (4) 이송유체 조건 (예. 성분, 유속, 압력, 온도 그리고 이슬점 등)
- (5) 배관 재질 (금속, 비금속 등)의 선정
- (6) 배관 세척 기준
- (7) 이송 유체에 따른 산업계 코드 (예. 수소, 원유)
- (8) 독성, 인화성 등의 특정 유체 성상에 따른 위험 요소 발생 가능성

4.2 이송배관 내 유체 특성

각 유체의 특성은 다음 중 하나 또는 다중으로 두 개 이상의 특성을 가질 수가 있다.

- (1) 조연성 물질
- (2) 인화성 물질
- (3) 부식성 물질
- (4) 독성 물질
- (5) 불활성 기체(질식 위험성)

4.3 배관 재질 선정

- (1) 이송 유체와 배관 재료의 혼화성(Compatibility)을 반영해야 한다.
- (2) 배관 재료는 다음 중에서 선정할 수 있다.
 - (가) 단일 금속 (예. 일반 탄소강, 스테인리스 스틸 등)
 - (나) 합금
 - (다) 배관 거칠기 감소를 위해 비금속 물질이 코팅된 금속 배관
 - (라) 내부 손상 등이 발생하지 않는 재료의 배관 등
- (3) 내부 표면에 굽힘, 패임, 탄소증착 및 부식이 발생할 수 있으므로, 재료 선정시 내부 코팅 등을 검토할 수 있다.
- (4) 배관 재료는 KOSHA Guide D-41“배관 재료 선정에 관한 기술지침”에 따라 선정할 수 있다.
- (5) 조연성 물질(예. 산소) 이송배관은 KOSHA Guide P-32“산소 공급설비의 안전기술 지침”, “공기 분리설비의 안전설계 및 운영에 관한 기술지침”에 따라 조연성 액체 배관 압력, 유속을 고려하여 재료를 선정할 수 있다.
- (6) 배관 재료, 부식 및 침식 정도와 설비보존 주기 선정이 위험기반에 따라 검토되어야 할 경우에는 KOSHA Guide P-15“위험기반검사(RBI) 기법에 의한 설비의 신뢰성 향상 기술지침”에 따라 결정할 수 있다.

4.4 배관 경로 및 설치 위치

(1) 일반사항

- (가) 단일 수요처에는 단일 배관이 일반적이며, 다중 수요처 및 다중 공급처에는 신뢰성과 안전 측면을 고려하여 격자(Grid)나 환형(Loop)으로 설치할 수 있다.
- (나) 인구나 교통 밀집지역 등 사고의 위험이 큰 지역에 이송배관이 설치되는 경우에는 정량적 위험성평가를 통해 위험을 최소화할 수 있는 배관경로를 선정할 수 있다.

(2) 지하 배관

- (가) 지하 배관은 토양 부식을 방지하기 위해 국내 승인 산업 규격에 따른 코팅을 외부에 실시할 수 있다.

- (나) 지하 배관은 동결, 일상적 지면 공사, 불안정한 토양의 이동, 배관 경로 상부의 차량이나 중량물과 같은 하중으로부터 보호할 수 있는 매설 깊이를 결정하여 시공해야 한다.
- (다) 철로, 도로나 지상의 하중이 과중하게 발생할 수 있는 장소에 배관을 설치할 경우에는 배관 케이싱 또는 슬리브를 설치할 수 있다. 이때 케이싱이나 슬리브와 배관 사이에서 형성될 수 있는 전기적 연결로 인한 음극방식이나 아크 현상을 방지하기 위해 추가적인 조치가 필요할 수도 있다.
- (라) 지하 배관은 낙뢰나 접지의 결함에 의한 손상으로 배관 재질의 파손이 가능할 수 있다. 따라서 지하 배관과 지상 배관 또는 상부의 다른 구조물과는 절연해야 한다.
- (마) 배관은 관련 법규와 산업계 코드에 따라 용접하여 설치하는 것을 원칙으로 하며, 누출 방지를 위해 배관 연결 부위는 플랜지 이음 또는 다른 기계적인 이음은 피해야 한다. 불가피한 경우, 지점을 최소화하고 주기적인 검사와 설비관리 가 될 수 있도록 밸브를 설치하여 상시 접근이 가능해야 한다.

(3) 지상 배관

- (가) 독성, 인화성 물질을 이송시 배관 누출을 최소화하기 위해 용접 이음으로 설치하는 것이 적절하다.
- (나) 부식으로부터 보호하기 위해 공인된 규격에 따라 배관 도장을 실시할 수 있다.
- (다) KOSHA Guide D-51“지하-지상 배관 연결부의 절연 플랜지 설치에 관한 기술 지침”에 따라 지상배관은 지하배관의 음극 방식 시스템과 절연해야 한다.
- (라) 지하 배관과의 절연 플랜지를 제외하고 모든 지상 배관은 이음부에 전기적으로 연결되어야 하며, 낙뢰와 정전기를 해소할 수 있도록 접지를 일정 거리마다 설치해야 한다. 이때 전기 저항은 전기 또는 고압 충격으로부터 인체를 보호하기 위해서 10 Ω을 초과하지 않도록 해야 한다.
- (마) 플랜지 볼트는 전기적으로 연결될 수 있도록 코팅이나 도장을 하지 않으며, 녹을 상시 제거해야 한다.
- (바) 절연 플랜지가 설치되지 않은 짧은 구간의 지상 배관은 지지대 구조물과 절연될 수 있도록 절연 패드를 설치해야 한다.
- (사) 지상 배관에 뜨거운 기체 또는 증기 벤트, 외부 설비에 의한 진동, 배관으로 오

일 누설과 같은 영향을 받지 않도록 해야 한다.

(아) 사업장 외부의 지상 배관은 고의적 또는 사고에 의한 물리적인 추돌을 방지할 수 있도록 볼라드(Bollard)와 같은 보호시설을 설치해야 한다.

(자) 지상 배관 운전 설비와 계기 조작 시설은 조작이 용이하도록 지면에 가깝게 설치하는 것도 고려할 수 있다.

4.5 부식 방지

(1) 지하 배관

(가) 배관 외부와 토양 사이에 발생하는 갈바닉 현상에 의한 부식은 기계적 손상을 제외하고 가장 빈번하게 배관에서 누출을 발생시키는 원인이다.

(나) 부식을 방지하기 위해서는 KOSHA Guide M-116“기기 및 배관의 부식관리 기술지침”에 따라 이송배관 부식관리를 수행할 수 있다.

(다) 외부 토양으로부터 보호를 위해 배관 코팅을 실시할 수도 있다.

(2) 지상 배관

(가) 보온·보냉된 배관의 경우 보온재와 배관 사이의 보이지 않는 부분에 보온 재하 부식 (Corrosion under insulation, CUI)이 발생할 수 있다. 따라서, 표면을 보호하기 위해 보온재 하부 내 배관에 도장을 할 수 있으며, 공정에 영향을 주지 않은 경우에는 여러 지역에 부위별 검사를 할 수 있도록 점검구를 설치하고 주기적으로 시각적인 검사가 이루어질 수 있도록 해야 한다.

(나) 부식의 전체 부위가 확인될 때까지 샘플링 검사를 추가로 실시하여 명확한 원인과 범위를 찾아낼 수 있도록 해야 한다.

4.6 이송배관 표식

(1) 지상배관은 색 코드나 표지를 통해 식별이 될 수 있도록 한다.

(2) 지하배관은 매설된 배관 근처에 표지로 확인될 수 있도록 해야 하며 표지는 배관의 경로를 나타낼 수 있도록 설치해야 한다.

4.7 배관 누출검사

- (1) 일반적으로 누출 검지기 또는 가스 검지기가 적용 가능한 경우에는 주기적으로 배관을 따라 누출을 검지할 수 있다.
- (2) 검사에 대한 정확한 주기와 방법은 해당 지역의 인구 밀도와 실제 위험성을 고려해야 한다.
- (3) 독성 및 인화성 가스의 경우에는 플랜지 이음, 밸브 스템과 압력을 받는 피팅류 부위 등에 최소 3개월에 1회씩 누출 검사를 실시하는 것이 바람직하다.

5. 이송배관에 대한 정성적·정량적 위험성평가

5.1 이송배관 관련 발생가능 위험요소는 다음과 같다.

- (1) 3자에 의한 물리적 손상
- (2) 모든 운전 조건에 대한 혼화성(Compatibility)이 없는 재질과 설비의 사용
- (3) 응력 부식 균열 (Stress corrosion cracking, SCC)이 가능한 재질
- (4) 수분에 의한 심각한 내부 부식
- (5) 수소 취급에 의한 수소 취성(Hydrogen embrittlement) 발생
- (6) 부적절한 음극 방식에 의한 외부 부식
- (7) 밸브 패킹, 가스켓 누출
- (8) 배관의 과압 현상 발생
- (9) 부적절한 퍼지 절차
- (10) 부적절한 벤트 절차
- (11) 배관의 부적절한 운전과 설비 관리
- (12) 산사태, 홍수, 지진, 도로 및 철도 횡단으로 발생하는 비정상적인 하중
- (13) 고압 전선, 철도의 전력 등 다른 구조물의 영향
- (14) 타 매설배관의 비정상적인 사고에 의한 영향
- (15) 이송 배관 주변 또는 상부에서 발생하는 교통사고 또는 화재

(16) 벤트 화재 또는 플레어의 복사열

(17) 밸브 스테이션 내 위험 요소

(가) 밸브 스테이션은 이송 배관의 압력이나 유량을 제어하는 곳으로 유체 누출 등의 사고 발생 가능성이 높은 곳이다.

(나) 위치 선정시 전기 설비, 인화성 물질 저장 시설, 공공 도로, 일반 건축물, 차량 주차시설, 기차역과 같이 영향을 받을 수 있는 지역을 피해야 한다.

(다) 설비 보존 작업 중 밸브 스테이션의 누출 가능한 용량이 차단 또는 제한되도록 배관 차단이 사전에 이루어져야 한다.

(18) (1) ~ (17)항의 누출에 따른 화재, 폭발 및 독성 가스 확산

5.2 사고예방

(1) 배관 손상이 가능한 외부 작업은 통제되어야 한다.

(2) 배관 사용 전이나 사용을 하지 않을 경우에는 배관 내에는 상시 건조 상태가 유지될 수 있도록 해야 한다.

(3) 배관 설계시 최대 압력을 고려한 배관 두께가 설정되어야 한다.

(4) 독성기체 등 대기로 기체가 절대 누출되서는 안될 경우에는 이중 배관을 설치하고 불활성 기체로 이중 배관 내 양압을 유지하며, 이중 배관 내에 압력을 모니터링할 수 있도록 해야 한다.

(5) 배관 매설시에는 외부 하중이나 기온에 의한 배관 손상이 어려운 배관 깊이 이하로 매설을 해야 한다.

(6) 배관 설치 경로 선정시 가능하면 배관 전용 설치 지역에 설치할 수 있도록 해야 한다.

(7) 용접부위의 비파괴 검사는 국내 법규를 준수하고, 이외에도 필요시 실시해야 한다.

(8) 배관 내 퍼지 작업은 배관 최초 설치 후 또는 설비 보존 작업 이후에 반드시 실시해야 한다.

(9) 배관 표식을 실시하여 배관의 지상 또는 지하 경로를 인지할 수 있도록 해야 한다.

- (10) 특정 배관 경고 장비로 표시 매트 또는 테이프를 사용하여 취급 유체를 상시 식별할 수 있도록 해야 한다.
- (11) 외부의 하중이나 차량 충돌 등을 방지하기 위해 물리적으로 콘크리트 코팅, 케이싱 또는 콘크리트 판석을 추가로 설치할 수 있다.
- (12) 이송배관 운전 절차서에는 다음과 같은 항목이 포함되어야 한다.
 - (가) 배관 검사 프로그램 주기 및 실행 방법
 - (나) 누출 검사 방법
 - (다) 부식 제어 프로그램
 - (라) 배관 및 환경 변경시 변경관리 적용
 - (마) 비상 대응 계획
 - (바) 교육훈련
 - (사) 3자에 대한 정보 공개
 - (아) 해당 지역 관공서와 협력사항

5.3 피해감소 조치

- (1) 긴급 차단 밸브를 설치하여 후단 배관 누출 등이 발생시 바로 차단할 수 있도록 해야 한다.
- (2) 초과흐름 또는 저압시 공정 차단 밸브나 과류차단 밸브를 설치하여 후단 배관에 유량이 과도하게 발생하거나 후단 배관 압력이 비정상적으로 저하될 경우에 이송 배관 흐름을 차단하거나 일정 수준까지만 도달할 수 있도록 해야 한다.
- (3) 필요시 누출 감지 시스템을 설치하여 배관 외부로 누출시 이를 감지할 수 있도록 한다. 일반적으로 옥내 지역에 이송배관이 설치될 경우 설치한다.
- (4) 플랜지나 밸브 패킹에서 누출이 발생할 경우 사전 감지 및 비상 대응이 이루어질 수 있도록 위험성 평가시에는 다음과 같이 고려되어야 한다.
 - (가) 공공 지역 내 위치한 경우에 비상 대응은 30분 이상 필요하며, 옥내에 위치한 경우에는 가스 검지기, 환기 시설 등이 설치되어야 한다.

- (나) 공급처 또는 수요처 사업장 내 위치한 경우에는 내부 출입이 제한되며, 옥내인 경우 가스 검지기가 설치되어야 한다. 비상 대응은 수 분 이내에 이루어질 수 있도록 한다.

5.4 정성적 위험성평가

- (1) 모든 이송배관에 대해서 위험과 운전 분석(Hazard and operability, HAZOP) 기법 등을 통해 정성적 위험성평가를 실시할 수 있다.
- (2) 인구 고밀도 지역의 경로, 사고 발생시 잠재적인 사고 강도가 높은 부분 및 사고 빈도가 높은 지역을 선별하여 정량적 위험성평가 시나리오로 도출하여 평가할 수 있다.

5.5 정량적 위험성평가

- (1) 이송배관은 사업장 내와 사업장 외에서 위험성 기준을 달리하여 평가할 수 있다. 일반적으로 사업장 내에 위치한 공장 배관은 사업장 위험성평가 기준에 따라 실시하며, 사업장 외에 위치한 공급 배관은 각 사업을 위한 법령, 기준에 따라 수행할 수 있다.
- (2) 배관 경로에 따른 리스크 산정시 인근 상주 인력 및 교통 밀집도등이 반영되어야 한다.
- (3) 전형적인 누출공에 의한 피해 예측 시나리오는 다음과 같다.
 - (가) 배관 파열
 - (나) 배관 지름의 50% 나 지름 2cm 이상의 누출공
 - (다) 배관 지름의 5% 나 지름 2cm 미만의 누출공
- (4) 이송배관의 피해 예측은 KOSHA Guide P-102 “사고 피해예측 기법에 관한 기술 지침”에 따를 수 있다.
- (5) 사업장 내 위험성 평가 기준은 KOSHA Guide X-64 “유해·위험물질 누출시의 리스크 평가지침”을 적용할 수 있다.
- (6) 사업장 외 위험성 평가 기준은 KOSHA Guide X-49 “위험물 운송 시 탱크트럭의 정량적 리스크 분석에 관한 기술지침”을 적용할 수 있다.

6. 이송배관 설치

6.1 일반 사항

- (1) 모든 배관, 밸브 및 관련 설비는 금속 재질이며, 비금속 재질은 밸브 내장부품, 외부 코팅으로만 제한할 수 있다.
- (2) 배관 내 유속은 기체, 액체 성상에 따른 침식 가능성을 고려하여 결정할 수 있다.
- (3) 잠재 누출 부분을 최소화하기 위해 배관은 원칙적으로 용접이음으로 한다.
- (4) 폭발 위험 지역 내 설비는 접지와 본딩을 하여 정전기를 방지할 수 있도록 해야 한다.
- (5) 배관, 밸브 설치의 일반적으로 [부록 1]의 <그림 2> 와 [부록 1]의 <그림 3>과 같으며, KOSHA Guide D-41“배관 제작 및 설치에 관한 기술지침”을 4장 설계 사항을 반영하여 따른다.

6.2 밸브 및 관련 설비 설치

- (1) 긴급차단밸브 또는 과류차단밸브 (Excess flow valve)
 - (가) 설치 위치, 종류, 필요 개수는 검사 프로그램, 설비 보존 및 위험성평가 결과를 통해 결정해야 하며, 최소한 공급처 및 각 수요처마다 설치하는 것이 바람직하다.
 - (나) 밸브는 페일세이프 (Fail safe) 기능을 가지고 관련 유틸리티 공급 중단시에도 공급처와 수요처가 안전하게 작동될 수 있도록 해야 한다.
 - (다) 자동 차단은 일반적으로 볼 밸브나 게이트 밸브를 적용하며, 수동 차단인 경우에는 게이트 밸브를 적용할 수 있다.
 - (라) KOSHA Guide D-11 “긴급차단밸브 설치에 관한 기술지침”, P-77“원격차단밸브의 선정 및 설치에 관한 기술지침”에 따라 설치한다.

(2) 안전밸브

(가) 안전밸브는 최대한 보호 설비에 근접하여 설치해야 한다.

(나) 안전밸브 방출시 배압과 역류에 의한 오염을 고려하여 벤트 설계를 해야 한다.

(다) 안전밸브 방출시 반발력을 고려하여 안전밸브 지지대를 설치할 수 있다.

(라) 독성 및 인화성 물질인 경우에는 대기로 바로 배출해서는 안 되며, 벤트 및 플레어 시스템이 설치할 경우 KOSHA Guide D-19“플레어 시스템 설치에 관한 기술지침”, D-36“플레어 시스템의 공정설계에 관한 기술지침”을 따른다.

(마) KOSHA Guide D-18“안전밸브 등의 배출용량 산정 및 설치에 관한 기술지침”, D-26 “공정용 안전밸브의 기술지침”, D-31“열팽창용 안전밸브의 기술지침”에 따라 설치할 수 있다.

(3) 수동 벤트 및 드레인 밸브

(가) 수동 벤트나 드레인 밸브로부터 추가적인 누출 방지 조치가 포함되어야 하며, 벤트나 드레인 밸브 후단에는 이중 밸브, 맹판, 플러그 또는 캡을 설치할 수 있다.

(나) 볼 밸브, 게이트 밸브 또는 글러브 밸브가 적용될 수 있다.

(4) 체크 밸브

(가) 역류를 방지할 경우에는 체크밸브를 설치하며, 독성 및 인화성 등으로 안전 및 제품 품질 문제가 발생할 경우에는 이중 체크밸브를 설치할 수 있다.

(나) 이중 체크 밸브를 설치할 경우에는 역류 방지 기능을 주기적으로 검사하기 위해 이중 체크 밸브 사이에는 드레인 밸브를 설치하고 설비보존 프로그램에 따라 주기적으로 검사해야 한다.

(5) 기타 설비

(가) 상부 오염 물질이 하부로 이송되는 것을 방지하기 위해 스트레이너와 필터를 설치해야 한다. 재질은 배관과 동일한 것이 적정하며 내부는 부식을 방지할 수 있도록 설치해야 한다.

(나) 조연성 가스 전·후단으로 차압이 높을 경우에는 배관, 스트레이너와 필터가 연소 위험성이 있으므로 KOSHA Guide P-32“산소공급설비의 안전기술지침”, P-138“산소 과잉 분위기의 화재 위험성 및 방지대책에 관한 기술지침”에 따라 이송배관을 설치해야 한다. 특히, 수동차단 밸브나 긴급차단 밸브에는 조연성

유체 화재를 고려하여 필요시 바이패스 밸브를 설치해야 한다.

(다) 유량 측정 설비는 유량 측정과 함께 압력, 온도, 차압 또는 유량 대비 질량 보정 측정 설비와 같이 구성할 수 있다.

(라) 탄성 있는 연결부 (호스, 익스펜션, 조인트 등)는 배관 열팽창이나 연결 위치로 인해 곡관이 필요한 경우에 설치할 수 있다. 탄성 있는 연결부는 일반 배관보다 강도가 낮아서 누출이 발생할 가능성이 높다. 따라서 제조사가 허용하는 범위 내에서만 곡관이 형성되도록 설치해야 하며, 정기적으로 누출 검사 및 교체가 수행되어야 한다.

6.3 용접

- (1) 용접 절차 및 용접 작업자의 작업 품질을 유지하여 모재와 동등한 강도와 거칠기를 가지도록 해야 한다.
- (2) 용접열에 의한 재질 손상이 없는지 확인해야 한다.
- (3) 용접 표면은 최대한 깨끗하고 부드러운 마감 처리가 되어야 한다.
- (4) 슬래그, 용접봉 또는 잔여물은 작업 후 모두 제거되어야 한다.
- (5) 불활성 기체를 사용하는 초중 (Root pass) 맞대기 용접은 용접 중 발생 가능한 슬래그 생성을 최소화할 수 있다.

7. 배관 세척

7.1 일반 사항

- (1) 이송배관 세척은 건설 중 단계와 건설 후 단계로 구분한다.
 - (가) 건설 중 단계에는 배관 내 건설 폐기물을 제거하는 것으로 이송배관 건설시 배관 내부에 폐기물이 적재되지 않는 것이 포함되어야 한다.
 - (나) 건설 후에도 세척을 하는 것이 중요하다.
- (2) 이송배관 건설은 세척 절차를 문서화하여 단계적으로 수행해야 한다. 배관 설계, 건설, 수압, 세척시 각 단계마다 사용 물질과 혼화성 (Compatibility)이 있어야 한다. 세척 후 시각적 검사는 배관 준비부터 건설 단계까지 적용이 되어야 한다.

- (3) 배관 세척의 기준은 먼지, 수분, 충전물, 스케일, 용접 부산물, 도장 잔여물 또는 이와 다른 외부 이물질이 배관 내부에서 완전히 제거하는 것이다.
- (4) 조연성 물질은 조연성 물질에 적합한 세척을 별도로 실시하여 특히 배관 내 유분을 완전히 제거해야 한다.
- (5) 세척 방법은 다음과 같이 세 가지 방법을 적용할 수 있다.
 - (가) 피깅은 피그를 배관 내에 투입하여 세척하는 것이다.
 - (나) 기계적 스크래핑은 브러시 등을 사용하여 배관 내부를 세척하는 것이다.
 - (다) 기체 퍼지는 기체를 배관 내부에 반복적으로 퍼지하여 세척하는 것이다.
- (6) 티, 밸브 등과 같은 배관 부속품들은 배관에 설치하기 전에 세척한 후 배관에 설치한다. 배관 부속품들은 배관과 분리하여 세척을 하는 것이 적절하다.
- (7) 수압 검사를 배관 세척 용도로 적용하여 배관 세척을 생략하면 안 된다.
- (8) 배관 제조사로부터 제공받은 배관의 적합한 세척 방법을 적용하여 최초 의도한 세척 규격을 만족할 수 있도록 해야 한다.

7.2 일반적인 세척절차

(1) 수분 제거단계

- (가) 수압 검사 후에 실시하며, 이중 접시 모양의 끝단을 가진 단단한 폴리우레탄 폼의 수분 제거 피그를 사용한다.
- (나) 피그 추진 매개체는 유분이 없는 공기나 질소를 사용한다.
- (다) 피그는 효과적으로 배관 내벽을 밀봉하여 피깅 후 잔여 수분이 최소화할 수 있도록 해야 한다.
- (라) 피그는 피그 캐처에 더 이상 수분이 검출되지 않을 때까지 계속해서 수행해야 하며, 최소한 3번 이상 실시해야 한다.
- (마) 기계적 손상을 최소화하기 위해 최초 수분 제거 피그 속도는 5 km/h를 초과해서는 안 되며, 이후 피그 속도도 16 km/h를 초과해서는 안 된다.

(2) 건조단계

(가) 수분 제거 피그 이후 동일한 재질의 새로운 피그를 사용하여 건조를 실시해야 한다.

(나) 최대 건조 피그 속도는 효율과 안전 측면을 고려하여 6.5 km/h 정도를 유지해야 한다.

(다) 피그에 더 이상의 수분이 검출되지 않을 때까지 계속해서 수행해야 하며, 이슬점이 -20℃ 이하에 도달할 때까지 계속해서 수행할 수 있다.

(라) 피그 표면적의 70% 이하가 변색될 때까지 피그를 계속해서 사용할 수 있다.

(3) 건조 세척단계

(가) 배관이 건조된 후 배관 내부의 녹과 금속 잔여물을 와이어 브러쉬와 폼 피그를 사용해서 건조 세척해야 한다.

(나) 최대 피그 속도는 효율과 안전 측면을 고려하여 40 km/h를 유지해야 한다.

(다) 와이어 브러쉬는 모든 흙, 먼지와 여러 잔여물이 제거될 때까지 계속해서 수행해야 하며, 이슬점이 -20℃ 이하에 도달할 때까지 계속해서 수행할 수 있다.

(라) 잔여물이 없이 90% 이상의 와이어가 유지할 때까지 계속해서 사용할 수 있다.

(마) 와이어 브러쉬 피그는 폼 피그보다 50% 이상의 피그 추진 매개체가 더 필요하다. 왜냐하면, 와이어 브러쉬 사이로 상당량의 공기나 질소가 빠져나가기 때문이다.

(바) 폼 피그를 와이어 브러쉬 바로 뒤에 설치하면 피그 추진 매개체를 같이 사용할 수 있다.

(사) 와이어 브러쉬 피그 사용 후 폼 피그로 완전히 세척될 때까지 계속해서 수행한다.

(아) 배관 자체 세척이 완료된 후에는 이미 세척이 완료된 밸브, 티 그리고 여러 관련 부품들을 배관에 설치할 수 있다.

(4) 최종 건조단계

(가) 최종 건조는 일정의 이슬점까지 계속해서 배관 내에 건조 질소를 사용하여 퍼지를 실시하는 것이다. 이때 모든 밸브 및 관련 부속품들은 설치가 완료된 상태이다.

- (나) 만일 더 낮은 이슬점을 필요하면 추가적으로 질소 퍼지 이후에 진공 건조를 수행할 수 있다. 진공 건조는 이슬점이 $-50 \sim -76^{\circ}\text{C}$ 에 도달할 때까지 계속해서 실시할 수 있다.

7.3 유지 및 검사

- (1) 배관 건설시 외부 오염 물질이 내부로 유입되는 것을 최대한 방지해야 한다. (예. 기름, 윤활유, 토양, 폐기물 및 수분 등)
- (2) 건설이 완료된 후에는 배관 내부, 끝단과 모든 접근 가능한 내부 표면의 검사를 실시해야 한다.
- (3) 내부 표면의 검사 결과는 문서화하여 배관 품질을 관리해야 한다. 세척 결과가 관련 기준을 만족할 경우에는 배관 세척을 완료할 수 있다.

8. 압력 및 누출 검사

8.1 압력검사

- (1) 배관은 이송유체의 성상 및 공급압력에 따라 압력 범위 및 시간을 결정할 수 있다.
- (2) 압력 검사는 관련 법규에서 적용하는 사항에 따라 수행하며, 압력 누출을 대비하여 해당 지역의 작업자는 모두 대피시켜야 한다.

8.2 누출검사 및 마감조치

- (1) 모든 배관의 개구부는 마감 조치로 캡, 밸브, 맹판을 개방한 상태에서 질소 퍼지를 실시할 수 있다.
- (2) 산소 농도와 이슬점 온도가 규격에 따른 기준을 만족할 경우, 최종 마감조치를 실시한 후 질소로 약 0.06 MPa를 유지하며 누출 검사를 실시한다.
- (3) 질소로 누출 검사를 실시할 때, 옥내와 같이 질식 위험성이 발생할 수 있는 경우에는 작업자들을 대피시키며, 질식 위험성 경고 표지 설치 등으로 안전관리를 추가적으로 실시해야 한다.

9. 시운전 및 운전 확인사항

9.1 시운전시 확인 사항

- (1) 건설이 반영된 최종 P&ID
- (2) 건설 재질, 세척, 압력 및 누출 검사관련 문서 및 결과서
- (3) 현장에 설치된 각종 경고 표지
- (4) 설계 도면에 따른 설치된 설비 정보 (필요 항목별)
 - (가) 배관 경로
 - (나) 유량계
 - (다) 밸브
 - (라) 압력 제어설비
 - (마) 안전밸브
 - (바) 긴급차단설비
 - (사) 안전 알람 및 공정 가동 중단 인터락
 - (아) 운전절차서

9.2 운전 절차서 확인사항

- (1) 이송배관 관련 모든 운전 사항이 포함되어야 한다.
- (2) 필요 운전 조건이 상시 모니터링 되어야 한다.
- (3) 배관 운전 압력, 유량, 온도가 배관 설계 조건 이내에서 운영되어야 한다.
- (4) 설비 관리가 포함되어야 한다.
- (5) 비상 대응 절차가 적절하게 포함되어야 한다.

9.3 이송 운전 중 용접 및 절단 (핫 태핑 등)

- (1) 운전 중 인화성 물질이나 조연성 물질의 이송배관에 대한 부분 용접 및 절단 작업은 수행해서는 안 된다. 다만 다음의 경우 적절한 작업허가와 작업안전분석 (Job safety analysis, JSA) 등을 같이 실시한 경우에는 수행할 수 있다.

(가) 배관 연결 작업 중 감압된 이송배관의 작은 배관 개방 작업

(나) 음극방식 관련 설비 용접 작업

- (2) 이외 추가적으로 각 이송 유체 성상에 따라 특정 절차를 포함할 수 있다.

9.4 이송 운전 중단 후 용접 및 절단

- (1) 작업 대상 배관은 이송 중단 후 관련 연결 배관과 완전히 물리적으로 분리가 되거나, KOSHA Guide E-91“에너지 차단장치의 잠금·표지에 관한 기술지침”에 따라 에너지와 유체를 차단한 후 작업이 수행되어야 한다.
- (2) 용접 및 절단은 배관 차단 후 내부 잔여 유체의 벤트 및 퍼지가 완전히 이루어진 상태에서만 수행되어야 한다. 이때 독성 물질이나 인화성 물질은 외부 벤트시 안전하게 배출되도록 별도 처리 시설에 연결 또는 임시로 설치하여야 한다.
- (3) 인화성 물질의 경우에는 외부 벤트시 화재·폭발 위험성을 검토해야 하며, 질소 퍼지를 통해 희석하여 배출시킬 수 있다.
- (4) 직접적인 용접 및 절단 보다는 콜드 컷을 사용하여 인화성 물질의 점화 가능성을 최대한 제거하도록 한다.

9.5 운전 중 상시 모니터링

- (1) 운전 부서는 매일 주기적으로 사업장 내·외에 위치한 이송배관을 순찰하여 확인할 수 있다.
- (2) 지하배관 음극방식 기능은 주기적으로 점검해야 한다.
- (3) 지상배관은 시각적인 누출 검사와 배관 이음새의 기포 검사를 주기적으로 실시할 수 있다.

- (4) 이송배관 주변의 승인받지 않은 공사 발생 현황은 현장 검사를 통해 시각적으로 확인해야 한다.
- (5) 지반 함몰 현상은 시각적인 검사를 통해 실시해야 한다.
- (6) 이송배관에 대한 갑작스런 손상 발생에 대해 시각적인 검사를 실시해야 한다.
- (7) 이송배관 주변에 대한 건설 및 변경에 대해 시각적인 검사를 실시해야 한다.
- (8) 모든 배관 표지가 적정하게 설치되어 있는지 확인해야 한다.
- (9) 주변 식물들의 화재 발생이나 고사 현상에 대해 시각적인 검사를 해야 한다.

9.6 비상대응

- (1) 사업장 외 사고 발생시 해당 사업장으로 사고 보고가 될 수 있도록 관련 표지 및 정보가 외부 공중에 게시 및 공유되어야 한다.
- (2) 비상대응절차에는 사업장에서 신고를 받고 외부 비상대응기관과 관련 공중에게 사고 전과 및 대응하는 사항이 포함되어야 한다.
- (3) 이송배관 가동 중단에 대한 결정 및 절차도 포함이 되어야 한다.
- (4) 이러한 사항이 모두 반영된 비상대응훈련은 주기적으로 실시되어야 한다.

[부록 1] 장거리 이송배관 개요도

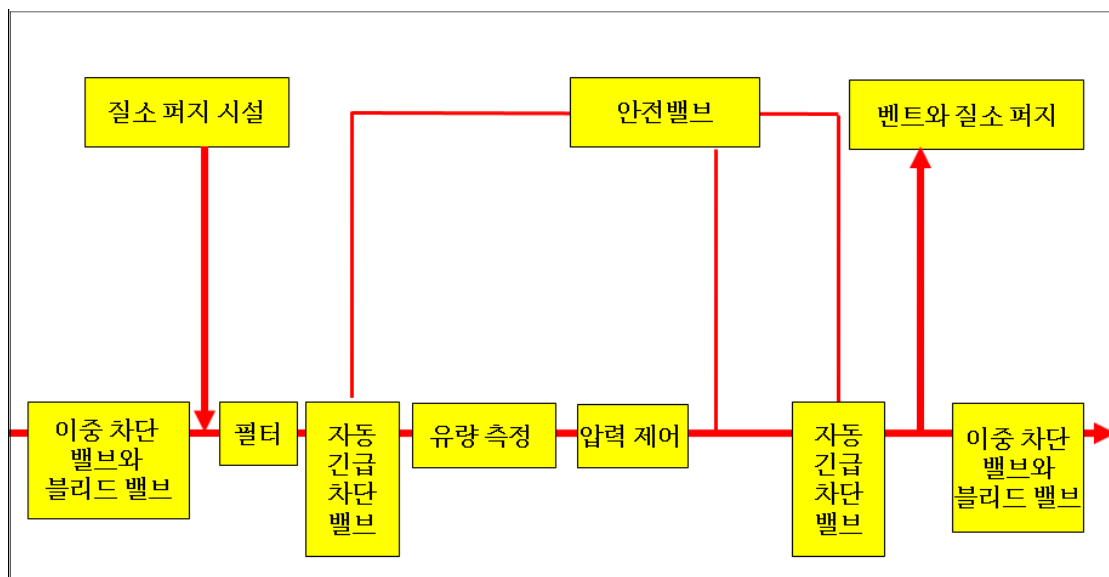
이송배관은 공장배관 (Plant piping)과 공급배관 (Distribution piping)으로 구성되며, 다음과 같이 일반적으로 도시될 수 있다.

1. 일반적인 이송배관 구분



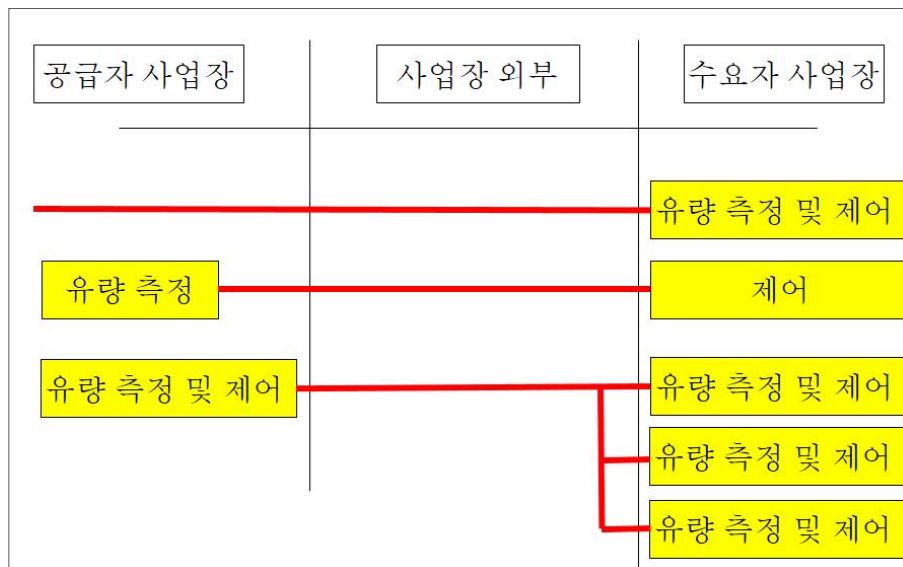
<그림 1> 이송배관 구분 개요도

2. 일반적인 이송배관 내 밸브 및 스테이션 구성



<그림 2> 일반적인 이송배관 내 밸브 및 스테이션 구성

3. 이송배관 유량 및 제어 스테이션 구성



<그림 3> 이송배관의 유량 측정 및 제어 스테이션