

KOSHA GUIDE

D-52-2013

배관계통의 공정설계에 관한 기술지침

2013. 6.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자: 이창규

○ 제정 경과

- 2013년 6월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련 규격 및 자료

- CCPS, "Guideline for Engineering Design for Process Safety", 1993
- Chemical Engineering Magazine, "Process Piping Systems", McGraw Hill Pub. Co., USA, 1980,
- ASME Code B31.3, "Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping"
- CCPS, "Guideline for Design Solution for Process Equipment Failure", 1994

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자: 2013년 7월 19일

제정자: 한국산업안전보건공단 이사장

배관계통의 공정설계에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 사업장에서 화학설비 및 부속설비의 배관을 안전하게 설계하는 데 필요한 사항을 제공하는 데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 탄화수소, 가스, 증기, 물, 공기 및 인화성 액체를 이송하는 공정배관 및 유틸리티 배관에 적용한다.

3. 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “인화성 유체”라 함은 산업안전보건기준에 관한 규칙 <별표 1>에서 규정하는 인화성 액체와 인화성 가스를 말한다.

(나) “독성물질”이라 함은 산업안전보건기준에 관한 규칙 <별표 1>에서 규정하는 급성독성물질을 말한다.

(다) “딥배관 (Dip pipe)”이라 함은 인입배관의 출구를 액체가 있는 바닥까지 설치하는 배관을 말한다.

(라) “데드맨 (Deadman)”이라 함은 손을 떼면 동력이 멈추는 등의 비상제어장치를 말한다.

(마) “데드엔드 (Deadend)”라 함은 배관에 캡이나 블라인드 플랜지로 막았거나 드레인 밸브 전단의 배관과 같이 유체가 흐름이 없고 정체되어 있는 배관을 말한다.

(바) “열 트레이싱 (Heat Tracing)”이라 함은 배관내의 유체가 응고하거나 얼지 않도록 수증기 코일이나 전기히터로 배관을 감아서 온도를 유지하는 것을 말한다.

다.

- (2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 주요 물질의 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정의하는 바에 의한다.

4. 공정서비스의 범위

- (1) 배관계통의 안전과 운전에 영향을 미치는 매개변수(Parameter)는 다음과 같다.
- (가) 유체의 화학반응, 압력, 온도, 유속, 점도, 밀도, 비중, 오염물질, 촉매 및 수압시험을 위한 물
 - (나) 층류, 난류 또는 2상 흐름(Two phase flow) 등 흐름의 형태
 - (다) 수평, 수직 또는 경사 등 배관의 방향
 - (라) 밸브의 스템, 핸드휠 및 조작자의 방향
 - (마) 부주의한 잠금이나 열팽창에 의한 과압과 같은 예상되는 국부적인 조건들
- (2) 입자상 물질들은 밸브 시트가 새는 원인이 될 수 있고, 밸브의 시트나 디스크에 손상을 줄 수 있으며, 오염물질들은 배관의 부식과 마모의 원인이 될 수 있다.
- (3) 유체의 전이(Fluid transients)는 다음 예와 같이 시스템이 시작되거나 정지 유량이 증가하거나 감소하거나 열적 조건의 변화가 있을 때 일어난다.
- (가) 안전밸브, 체크밸브 및 빠르게 동작하는 유량조절밸브와 차단밸브의 경우
 - (나) 유체의 전이를 예방하기 위해서는 배관에 힘과 모멘트를 줄 수 있는 지를 설계시 고려한다.

5. 재료의 사용 제한

- (1) 주연철(Ductile iron)은 -29°C 이하 또는 343°C 이상의 온도에서 압력이 있는 곳에 사용해서는 안 된다. 다만, 오스테나이트계 주철은 저온에서 사용할 수 있다.
- (2) A571 스테인리스강은 -196°C 이하의 온도에서 사용할 수 없다.

- (3) 주철(Cast iron)은 온도가 149 °C 이상이거나 게이지압력이 1.03 MPa 이상에서 탄화수소나 다른 인화성 유체를 사용하는 공정지역에서는 사용할 수 없으며, 다른 지역에서는 2.76 MPa 이상에서 사용할 수 없다.
- (4) 가단주철(Malleable iron) 은 -29 °C 이하 또는 343 °C 이상의 온도에서는 어느 유체에도 사용할 수 없고, 인화성 유체의 경우에는 온도가 149 °C 이상이거나 게이지압력이 2.76 MPa 이상에서 사용할 수 없다.
- (5) 고함유 실리콘 철(14.5% Si)은 인화성 유체에 사용할 수 없다.
- (6) 납과 주석 및 이들의 합금은 인화성 유체에 사용할 수 없다.

6. 유속의 제한

6.1 부식, 마모 및 진동 방지

6.1.1 액체의 유속 제한

- (1) 탄소 및 스테인리스강 관의 경우 산이나 알칼리 모두 어느 속도 이상이 되면 부식이나 마모의 원인이 된다.
- (2) NaOH 및 KOH 수용액과 NaOH 및 KOH가 5% 이상 함유된 탄화수소 혼합물 등 알칼리는 1.2 m/s 이하이어야 한다.
- (3) 80 wt% 이상인 황산이나 5 vol% 이상인 황산 혼합물 등 농황산은 1.2 m/s 이하이어야 한다.
- (4) 1 vol% 이상 페놀이 포함된 물은 0.9 m/s 이하이어야 한다.
- (5) MEA 및 DEA 와 같은 아민 수용액은 3 m/s이하이어야 한다.
- (6) 플라스틱이나 고무라이닝 관은 심한 마모를 피하기 위하여 3 m/s이하이어야 한다.
- (7) 고형물이 포함된 슬러리와 같은 경우는 1.5 m/s 이하이어야 한다.
- (8) 부식이나 마모가 없는 대부분의 액체는 6 m/s 이하이어야 한다.

6.1.2 증기 및 가스

(1) 순수한 증기나 가스는 마모의 문제가 없으며, 보통 다음 식으로 부터 구한다.

$$V = \frac{25}{\sqrt{\rho_G}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

여기서, V ; 유속(m/s),

ρ_G ; 가스 또는 증기의 밀도(kg/m³)

6.1.3 습한 증기는 마모를 일으킬 수 있으므로, 폐놀의 습한 증기(Wet vapor)는 18 m/s 이하이고, 습한 배기(Wet exhaust)는 135 m/s 이하로 한다.

6.1.4 증기와 액체혼합물

환형(Annular)에서 고속의 유체이거나 또는 미스트 영역(Regimes)에서 운전되는 공정라인과 같은 2상계에서는 마모가 일어날 수 있다. 이 경우에는 4 종류의 관계식들이 있다.

(가) 관 경 150A 이상 ; $\frac{\rho_{av} V_m}{1,900} \leq 4 \quad \dots\dots\dots (2)$

관 경 100A ; $\frac{\rho_{av} V_m}{1,900} \leq 3.5 \quad \dots\dots\dots (3)$

관 경 80A ; $\frac{\rho_{av} V_m}{1,900} \leq 3 \quad \dots\dots\dots (4)$

(나) 모든 관 경 ; $\rho_{av} V_m^3 \leq 20,390 \quad \dots\dots\dots (5)$

(다) 모든 관 경 ; $V_m \sqrt{\rho_{av}} \leq 8.0 \quad \dots\dots\dots (6)$

여기서, V_m ; 혼합물의 유속(m/s),

ρ_{av} ; 혼합물의 평균 밀도(kg/m³)

(라) 모든 관 경 ; $V_m \leq \frac{40}{\rho_h} 8.0 \quad \dots\dots\dots (7)$

여기서, $\rho_h = \rho_L \lambda + \rho_G (1 - \lambda)$; 균일 혼합물의 밀도(kg/m³)

$$\lambda = \frac{Q_L}{Q_L + Q_G} \quad , \quad \rho_L \text{ 및 } \rho_G \text{ ; 액체 및 기체의 밀도 (kg/m}^3\text{)}$$

Q ; 유량(m³/s)

6.2 정전기 발생 방지

- (1) 전도도가 50 pS/m 보다 작고, 물과 비혼합성 액체인 경우에는 유속을 2 m/s 이하로 설계한다.
- (2) 인화성 액체를 탱크 등에 초기에 주입하는 경우에는 유속을 1 m/s 이하로 한다.
- (3) 기타 정전기 발생억제조치는 KOSHA Guide, “화학설비 및 부속설비에서 정전기의 계측·제어에 관한 기술지침”을 참조한다.

6.3 소음의 발생 방지

- (1) 액체의 유속을 10 m/s 이하로 한다.
- (2) 가스 및 증기 ; $V \leq \frac{25}{\sqrt{\rho}}$

여기서, V ; 유속(m/s)
 ρ ; 밀도(kg/m³)

7. 밸브의 선정 등

7.1 설계 시 일반적인 고려 사항

- (1) 안전한 밸브의 선정과 설치를 위하여 일반사양을 작성한다.
- (2) 밸브는 개·폐 (On/off), 조절(Throttling) 및 역류방지 등의 기능, 압력손실과 밸브의 허용 누수량에 따라 게이트, 볼, 글로브, 니들, 콕, 버터플라이 및 다이어프램 등 형식을 선정하며, <부록 1>의 밸브 선정을 위한 가이드를 참조한다.
 - (가) 개·폐(On/off) 밸브 : 게이트 밸브, 플러그 밸브 및 볼밸브
 - (나) 조절 밸브 : 글로브 밸브, 버터플라이 밸브, 다이어프램 밸브 및 핀치밸브
 - (다) 역지 밸브 : 체크밸브
 - (라) 혼합 밸브 : 자동조절밸브 및 솔레노이드 등 계기와 연동되는 밸브

- (3) 게이트밸브의 스템이나 버터플라이, 플러그와 볼밸브의 1/4 개도(Quarter turn)와 같이 밸브가 열리고 닫힘을 시각적으로 알 수 있도록 하는 것이 안전상 도움이 되며, 필요한 경우에는 꼬리표를 제작하여 부착한다.
- (4) 화학물질의 종류, 상, 온도, 압력 및 유량 등 공정유체의 조건에 적합하여야 하며, 압력-온도 등급, 연결방법과 부식, 마모 및 온도 스트레스 등을 고려하여 밸브의 몸체와 부속품의 재질을 결정한다.

7.2 자동조절밸브의 고장모드(Failure mode)

배관 및 계장도(P&ID) 및 밸브의 사양에 다음의 고장 모드 중 하나를 명기하여야 한다.

- (가) 고장 시 열림(Fail open)
- (나) 고장 시 닫힘(Fail close)
- (다) 고장 시 상태로 있음(Fail in place)

7.3 긴급차단밸브(Emergency isolation valve)

- (1) 긴급차단밸브는 인화성 유체 또는 독성물질의 대량 손실을 막기 위하여 설치한다.
- (2) 대량의 누출이 우려되는 곳은 펌프 주변, 드레인 포인트 및 호스 연결부 등이 있다.
- (3) 설치위치 등에 대해서는 KOSHA Guide, “긴급차단밸브 설치에 관한 기술 지침”을 참조한다.

8. 배관 시스템 설계시 주요 체크리스트

8.1 배관

- (1) 모든 배관에서 취급할 HCN 이나 질소 등 독성 또는 치사 물질들은 파악되었는가?
- (2) 폭연이나 폭발을 위한 설계가 필요한 배관이 있는가?

- (3) 가성소다와 같은 막힐 우려가 있는 배관의 넘침 배관(Overflow line)을 감시할 필요가 있는가?
- (4) 유체를 이송하는 데 적절한 재질을 선정하였는가? 예를 들어, 암모니아를 취급하는 곳에서 구리 그리고 염화벤질을 취급하는 곳에 구리나 철을 사용하지 않는 것과 같이 구조상 문제가 될 수 있는 재료를 피하였는가?
- (5) 열에 민감한 물질이나 반응성 물질을 취급하는 펌프를 위해 고온이 되면 정지하도록 조치를 하였는가?
- (6) 염소와 같이 유해한 액체의 열팽창에 대비하여 안전밸브 대신 서지드럼을 두었는가?
- (7) 기계적 교반이 이루어지지 않아서 위험한 조건이 되는 경우를 대비하여 비상교반이나 딥배관(Dip pipe)을 설치하였는가?
- (8) 설비의 가동이 정지되었을 때 배관 안에 있는 물질을 배출시킬 수 있도록 구멍(Weep hole)을 두었는가?
- (9) 조작자의 부주의로 인화성 물질이나 매우 유해한 물질이 펌프 다음의 용기에서 넘쳐흐르는 것을 예방하기 위해 펌프 기동 스위치 스테이션에 데드맨을 설치하였는가?
- (10) 다른 지역에서 공정지역으로 인화성 물질을 이송하는 펌프를 원격으로 정지시킬 필요가 있는가?
- (11) 보일러의 물 공급 배관의 레귤레이터와 같이 열 방출을 위해 보온을 하지 않는 배관이 있는가?
- (12) 위험물질 취급배관에는 적절한 가스킷의 형식과 재질을 사용하였는가?

8.2 밸브

- (1) 플라스틱 공기튜브를 사용한 자동조절밸브들은 화재시를 대비하여 고장시 닫침 형식으로 선정하여야 하는 밸브가 있는가?
- (2) 멀리 떨어져서 운전되는 밸브로서 비상시에 수동으로 열거나 닫아야 하는 밸브인가?
- (3) 암모니아, 염소 및 고압가스 시스템에 과유량 체크밸브(Excess flow check valve)

를 설치하였는가?

- (4) 열팽창으로 인한 과압을 대비하기 위하여 버터플라이 밸브에 구멍을 냈는가? 구멍을 낼 수 없다면 안전밸브를 설치하였는가?
- (5) 고압, 인화성 물질 또는 독성물질을 취급하는 시료채취 밸브에 조작자가 무능력하게 되었을 때 물질이 계속해서 흘러 나가지 않도록 스프링에 의해 잠기는 데드맨을 두었는가?
- (6) 제어가 불가능한 반응을 멈추게 하거나 내부의 소방 능력을 높이기 위해 수동으로 기동시키는 물소화(Flush or quench) 시스템이 있는가?
- (7) 정비기간 중에 공기로 기동되는 밸브들은 잠금장치를 하거나 기능을 제거하는가?
- (8) 전기나 계장용 공기와 같은 유틸리티의 공급이 중단되었을 때 자동조절밸브가 페일 세이프(Fail safe)한지에 대한 공정위험성 평가를 실시하였는가?
- (9) 탱크차나 트럭하역 배관에 배관이 연결되지 않은 경우와 배관 연결을 분리하고자 할 때 잠기는 밸브를 설치하였는가?
- (10) 냉수, 계기용 및 예비펌프 주변의 배관에 동파방지를 위한 조치를 하였는가?
- (11) 피로나 충격이 예상되는 배관에 주철제의 밸브나 부속품들을 사용하지 않도록 하였는가?
- (12) 밸브의 개·폐 여부를 시각적으로 알 수 있도록 하기 위하여 스템이 올라가지 않는 밸브의 설치를 피했는가?
- (13) 부지 경계선에 있는 배관, 비상시 상호연결을 적극적으로 차단해야 하는 곳 및 원치 않는 상호 오염을 방지하기 위해 2 중으로 밸브를 설치하였는가?
- (14) 수증기로부터 응축수를 포집(Trapping)하고 드레인 시킬 수 있는 수단이 있는가?

9. 고장 시나리오별 대처 방법

9.1 과압 발생

- (1) 고형물의 축적에 의한 배관, 밸브 또는 화염방지기의 막힘

(가) 본질적 방법

- ① 고형물의 축적을 방지하기 위한 유속 이상으로 관경을 설계
- ② 배관이 예상되는 과압에서 견딜 수 있도록 설계
- ③ 화염방지기의 제거

(나) 적극적 방법

- ① 압력방출장치의 설치
- ② 여과기 또는 녹아웃 포트 등을 설치하여 자동적으로 고형물을 제거
- ③ 고형물 축적을 최소화하기 위한 배관을 트레이싱
- ④ 화염감지기를 병렬로 설치

(다) 절차적인 방법

- ① 여과기 또는 녹아웃 포트 등을 설치하여 자동적으로 고형물을 수동으로 제거
- ② 정기적인 수동 청소
- ③ 고압 경고 시 조작자의 대응
- ④ 주기적인 피그(Pig) 등과 같은 기구를 이용한 청소

(2) 밸브가 급격히 닫힘으로 인해 액체 해머나 배관 파열

(가) 본질적 방법

- ① 기어비를 통한 밸브를 잠그는 속도 제한
- ② 공기배관에 오리피스(Restriction orifice)를 설치하여 공기 작동기의 잠그는 속도를 제한
- ③ 수동 볼밸브와 같은 4분의 1씩(Quarter turn) 잠글 수 있는 밸브 대신에 게이트밸브를 사용

(나) 적극적 방법 : 서지 어레스터(Surge arrestor) 설치

(다) 절차적인 방법 : 밸브를 서서히 잠그도록 운전 절차에 명기

(3) 막힌 배관에서 액체의 열팽창으로 배관 파열

(가) 본질적 방법

- ① 밸브나 블라인드 플랜지를 제거

② 압력을 균등화 할 수 있도록 게이트 등에 작은 구멍을 뚫

(나) 적극적 방법

① 압력방출장치의 설치

② 팽창탱크(Expansion tank) 설치

(다) 절차적인 방법 : 운전 중 정지하는 동안에는 배관을 비우도록 절차서에 명시

(4) 자동조절밸브가 고장으로 열려 밸브 후단의 압력이 상승

(가) 본질적 방법

① 밸브 후단의 모든 배관과 설비의 설계압력을 밸브 전단의 설계압력으로 설계

② 밸브가 완전히 개방되지 않도록 정지 장치를 두거나 공기배관 오리피스 설치

(나) 적극적 방법 : 밸브 후단에 압력방출장치의 설치

(5) 압력방출장치의 흡입 또는 토출 측에 설치된 밸브가 사고로 잠겨 압력 방출기능을 상실

(가) 본질적 방법

① 압력방출장치 전·후단에 설치된 밸브 제거

② 압력방출장치를 2 중으로 설치

(나) 적극적 방법 : 없음

(다) 절차적인 방법 : 자물쇠형 밸브(C.S.O 또는 L.O) 사용

(6) 압력방출장치가 중합 또는 고형화에 의한 고형물로 막힘

(가) 본질적 방법 : 압력방출장치 입구 측에 고형물 청소를 위한 부속품(Fitting) 을 설치

(나) 적극적 방법

① 파열판을 설치하거나 안전밸브와 파열판을 직렬로 설치. 다만, 후자의 경우 파열판이 새는지를 알 수 있도록 조치

② 퍼지를 이용한 자동 세정장치 설치

(다) 절차적인 방법 : 퍼지를 통한 주기적이거나 연속적인 수동세정

(7) 제한이 안 됨에 따른 폭굉 및 폭연

(가) 본질적 방법

- ① 온도, 압력 또는 배관의 직경에 제한을 둔다.
- ② 난류와 불꽃의 가속에 원인이 되는 엘보우와 부속품의 사용을 피하거나 최소화

(나) 적극적 방법

- ① 잠재적인 점화원과 보호하여야 할 설비 사이에 폭굉 또는 폭연 어레스터 설치
- ② 플레어헤드와 같은 곳에는 점화원과 차단이 되도록 액체 썰 드럼 설치
- ③ 산소 또는 탄화수소 농도를 분석하여 불활성가스의 퍼지나 성분이 많은 가스의 주입을 조절하여 연소범위 밖에서 운전
- ④ 불꽃을 감지하여 신속하게 밸브를 잠그게 하거나 진압시스템 설치

(다) 절차적인 방법 : 시운전 전에 불활성가스의 퍼지

9.2 고온 발생

- (1) 발열반응에서 핫스포트(Hot spot)를 야기하는 트레이싱이나 자켓팅의 결함 고형물의 축적에 의한 배관, 밸브 또는 화염방지기의 막힘.

(가) 본질적 방법

- ① 샌드위치 트레이서와 같이 트레이서와 배관사이에 단열물질 사용
- ② 자켓트 배관의 경우 안전 수준에 따라 온도를 제한할 수 있는 열전달 유체를 사용

(나) 적극적 방법 : 온도를 조절할 수 있는 전기적 트레이싱을 적용

(다) 절차적인 방법 : 고온의 온도 지시와 경보에 따라 조작자의 적절한 대응

- (2) 아세틸렌의 분해와 같은 원하지 않는 반응을 일으키는 외부화재

(가) 본질적 방법

- ① 스테인리스강으로 덮개와 밴딩을 한 내화목적의 보온
- ② 플랜지 등이 없는 용접 이음 배관

(나) 적극적 방법 : 자동식 물분무 설비가 있는 화재 탐지 시스템 설치

(다) 절차적인 방법 : 수동식 물분무 설비가 있는 화재 탐지 시스템 설치

9.3 저온 발생

(1) 배관 내나 데드엔드(Deadend)에 있는 제품을 고형화시키거나 축적된 수분을 열게 하는 추운 기후

(가) 본질적 방법

① 배관의 보온

② 물이나 제품이 모이는 곳이나 데드엔드를 없게 함

③ 데드엔드와 블로우다운 배관에 축적을 막기 위한 경사를 줌

(나) 적극적 방법

① 열 트레이싱(Heat tracing) 실시

② 잠재적으로 물이나 제품이 모일 수 있는 곳에 자동 드레인 설치

(다) 절차적인 방법

① 배관에는 최소흐름을 유지하도록 절차에 반영

② 잠재적으로 물이나 제품이 모일 수 있는 곳에 수동 드레인 설치

(2) 증기 해머를 일으킬 수 있는 추운 외기에 의한 증기배관의 응축

(가) 본질적 방법 : 배관의 견고한 고정

(나) 적극적 방법 : 열 트레이싱(Heat tracing) 실시

(다) 절차적인 방법 : 후속 배관을 서서히 시작하도록 절차에 반영

9.4 유량 과다

(1) 유체의 빠른 속도로 2상 흐름이나 연마성 고체가 있는 경우 저장의 손실을 야기할 수 있는 마모의 원인이 될 수 있다.

(가) 본질적 방법

① 제한 속도이하에서 배관경의 크기를 결정

- ② 마모가 잘 안 되는 재질을 선정
- ③ 티, 엘보우 및 마모가 우려되는 배관은 보다 두꺼운 재료 사용
- ④ 마모가 일어날 수 있는 곳에서는 부속품의 사용을 최소화
- ⑤ 연마성 고체가 있는 곳에는 엘보우 대신 티를 사용

(나) 적극적 방법 : 없음

(다) 절차적인 방법

- ① 배관내의 제한 속도를 절차서에 명기
- ② 중요한 곳은 주기적으로 점검

(2) 자동조절밸브에서 높은 차압이 발생하여 내용물의 손실을 가져올 수 있는 후래싱이나 진동 발생

(가) 본질적 방법

- ① 밸브를 가능한 한 용기 입구에서 가깝게 설치
- ② 밸브나 오리피스와 같은 여러 개의 중간 감압장치를 사용
- ③ 견고하게 배관을 고정

(나) 적극적 방법 : 없음

(다) 절차적인 방법 : 없음

9.5 역류

(1) 연결 배관, 드레인 또는 임시배관에서 역류가 일어나 원하지 않는 반응이나 월류(Over flow) 발생

(가) 본질적 방법

- ① 원하지 않는 연결을 하지 않도록 호환성이 없는 부속품 사용
- ② 최종 목적물까지 분리 배관

(나) 적극적 방법

- ① 압력이 낮은 배관에 체크밸브 설치
- ② 낮은 차압이 감지되면 자동으로 격리

(다) 절차적인 방법

- ① 상호 연결배관을 적절히 격리할 수 있도록 절차서에 명기
- ② 낮은 차압이 감지되면 수동으로 격리

9.6 내용물의 손실

(1) 시료채취 배관, 드레인 밸브 및 다른 부속품을 잠그지 못해 내용물이 방출되어 환경오염 초래

(가) 본질적 방법 : 자체적으로 잠기는 밸브 등 데드맨 설치

(나) 적극적 방법 : 시료채취 시스템에 자동 잠금 루프 채용

(다) 절차적인 방법 : 2 중 밸브, 플러그, 캡 및 블라인드 등을 설치

(2) 투시창(Sight glass) 또는 유리로 된 로터미터가 과압, 열응력 또는 물리적인 충격에 의해 파손

(가) 본질적 방법

- ① 투명창 및 유리로 된 로터미터 사용 배제
- ② 유리연결부에 유량 제한 오리피스 설치
- ③ 물리적임 보호커버 설치
- ④ 설계압력이상에서 견딜 수 있는 유리를 선정

(나) 적극적 방법 : 투시창과 유리로 된 로터미터 파손 시 동작할 수 있는 과유량 방지 체크밸브 설치

(다) 절차적인 방법 : 투시창과 유리로 된 로터미터를 사용하지 않는 동안에는 격리 밸브를 잠그도록 절차서에 명기

(3) 플랜지나 밸브에서 샘, 배관파열, 충돌 또는 부적절한 배관지지로 배관에서 내용물의 손실 발생

(가) 본질적 방법

- ① 모든 배관의 용접 이음을 최소화
- ② 매설배관을 지양

- ③ 2 중관의 사용
- ④ 불필요한 부속품의 사용을 최소화
- ⑤ 클램프 연결과 같은 신뢰성이 높은 막음장치 사용
- ⑥ 조작자의 피폭방지를 위한 보호장치(Shield)를 플랜지에 설치
- ⑦ 물리적 강도를 위한 최소 구경의 배관 사용
- ⑧ 적절한 배관 지지
- ⑨ 충돌 방지를 위한 방책 설치

(나) 적극적 방법

- ① 고유량, 저압 또는 외부 누설 감지시 자동 잠금장치 설치
- ② 화재 시 자동폐쇄를 위하여 용융 링크 밸브 설치

(다) 절차적인 방법

- ① 수동밸브를 위험지역에서 먼 곳에 설치
- ② 크레인 등 중장비에 의한 충돌을 방지하기 위한 제한조치
- ③ 주기적인 누설 검사

(4) 과도한 열응력에 의한 배관 파손

(가) 본질적 방법

- ① 팽창 루프(Expansion loop) 및 연결부(Joint)
- ② 팽창연결부의 보온
- ③ 처짐을 막기 위한 추가적인 배관 지지

(나) 적극적 방법 : 없음

(다) 절차적인 방법 : 없음

(5) 호스의 낡음으로 호스에서 누출

(가) 본질적 방법

- ① 호스연결을 제거
- ② 금속제의 심이 있는 신뢰성이 높은 호스 사용
- ③ 보다 높은 압력에 견딜 수 있는 호스 사용

(나) 적극적 방법

- ① 호스 전단에 과유량 방지 체크밸브 후단에 체크밸브 설치
- ② 고유량, 저압 또는 외부 누설 감지시 자동 잠금장치 설치

(다) 절차적인 방법

- ① 호스를 사용 전에 압력 시험
- ② 고유량, 저압 또는 외부 누설 감지시 수동 잠금장치 설치
- ③ 주기적인 호스의 교체
- ④ 도로를 횡단하는 호스는 보호 램프 설치
- ⑤ 호스가 꼬이지 않도록 조치

(6) 라인닝 된 배관과 호스의 라인닝 손상

(가) 본질적 방법

- ① 특별히 요구되지 않으면 금속제 배관 사용
- ② 정전기 축적에 의한 열화를 줄이려면 반도체성의 라이나 사용
- ③ 두꺼운 라이나 사용
- ④ 정전기 축적을 방지하기위한 액체의 유속을 제한

(나) 적극적 방법 : 없음

(다) 절차적인 방법

- ① 주기적인 금속 배관의 두께 측정
- ② 주기적인 공정흐름의 금속 성분 분석

9.7 내용물 조성의 잘못

조작자가 퀵 커플링을 잘 못 연결

(가) 본질적 방법

- ① 연결을 잘 못하지 않도록 서로 다른(크기, 색상) 사용
- ② 유해·위험물질인 경우에는 퀵 커플링 사용

(나) 적극적 방법 : 없음

(다) 절차적인 방법

- ① 연결방법을 절차서에 명기
- ② 라인의 칼라 코드를 정함

[부록 1] 밸브 선정을 위한 가이드

형 식	구 경 (A)	압 력 (MPa)	온 도 (℃)	재 질	기 능	비 고
글로브	3~750	~ 17.6	~ 538	청동, 주철, 탄소강, 스테인리스강, 특수합금	깨끗한 유체의 조절 및 개·폐	비교적 압력손실이 큼
앵글	10 ~ 250	~ 17.6	~ 538	청동, 주철, 탄소강, 스테인리스강, 특수합금	깨끗한, 점성, 슬러 리가 있는 유체의 조절 및 개·폐	비교적 압력손실이 작음
게이트	15 ~ 1,500	~ 17.6	~ 538	청동, 주철, 탄소강, 스테인리스강, 특수합금	깨끗하거나 슬러리 가 있는 유체의 개· 폐(제한된 조절)	압력손실이 작음
버터 플라이	50 ~ 수 m	14.2(제 한된 압력손 실)	~1,090(라이너나 연질 시트 사용시 낮은 온도	캐스타블 등 라이너는 플라스틱 고무 또는 세라믹	깨끗하거나 슬러리 가 있는 유체의 조 절(개·폐 오직 특별 한 설계 또는 시트 인 경우)	간단하고 가 벼우며, 비용 이 저렴하며 압력손실이 작다
플러그	~ 750	~ 35.2	~ 320	주철, 탄소강, 스테인리스 강 및 여러 합금 완전히 고무 또는 플라스틱 라이 닝을 한 밸브도 유용함	개·폐(조절 용으로 설계한 경우는 조 절)	압력손실이 작음
볼	3 ~ 1,050	~ 70.3	극저온 ~ 538	주철, 탄소강, 황동, 청동, 플라스틱 및 원자력에는 특수 합금, 완전한 플라 스틱 라이닝 밸브	깨끗하거나 점성이 있는 유체 및 슬러 리의 조절 및 개· 폐	
안전	15 ~ 300	~ 70.3	극저온 ~ 538	주철, 청동, 탄소강, 스테인리스 강, 니켈 및 특수합금	압력을 제한하는 목 적	
니들	3 ~ 25	~ 70.3	극저온 ~ 260	주철, 청동, 탄소강 및 스테인리스 강	깨끗한 유체의 미세 한 유량조절 및 개· 폐	글로브 밸브 와 같으며 계장용에 많 이 사용
체크	3 ~ 250	~ 70.3	~ 650	주철, 청동, 탄소강, 스테 인리스 강 및 특수합금	유체의 역지 방지 (특히 설계하는 경우 과유량 방지밸 브)	가용 압력 정도에 따라 형식을 결정

주) 자료출처 ; Chemical Engineering, 1980, McGraw Hill Pub. Co. USA, N.Y