

KOSHA GUIDE

D - 37 - 2012

화학설비 등의 공정설계에 관한 기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 김기영

○ 개정자 : 김기영

이수희

○ 제 · 개정 경과

- 1999년 4월 화학안전분야 제정위원회 심의
- 1999년 5월 총괄제정위원회 심의
- 2004년 4월 화학안전분야 제정위원회 심의
- 2004년 5월 총괄제정위원회 심의
- 2009년 4월 화학안전분야 제정위원회 심의
- 2009년 5월 총괄제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련규격

- 외국 엔지니어링사 Manual

○ 관련법령 · 고시 등

- 『산업안전보건기준에 관한 규칙』 제2장 제4절(화학설비·압력용기 등)

○ 코드적용 및 문의

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

공표일자 : 2012년 7월 18일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

화학설비 등의 공정설계에 관한 기술지침

제1장 일반사항

1. 목적

이 지침은 『산업안전보건기준에 관한 규칙』(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제2장 폭발·화재 및 위험물누출에 의한 위험방지 제4절(화학설비·압력용기 등)의 규정에 의한 화학설비 등에 대한 공정설계기준을 정하여 화학설비의 대한 잘못된 설계로 인하여 일어날 수 있는 화재·폭발 및 화학물질의 누출 등에 의한 사고를 예방하는데 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 안전보건규칙 별표7의 화학설비 및 그 부속설비의 종류에 적용한다.

3. 정의

3.1 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (1) “공정용기(Process vessel)”라 함은 안전보건규칙 별표7의 화학설비중 “가”호 및 “나”호의 장치를 말한다.
- (2) “최대운전압력(Maximum operating pressure)”이라 함은 정상운전 중에 최대 올라갈 수 있는 압력을 말한다.
- (3) “최대운전온도(Maximum operating temperature)”라 함은 정상 운전중에 최대 올라갈 수 있는 온도를 말한다.
- (4) “유효양정(Net positive suction head)”이라 함은 펌프 흡입측에서 전체 양정과 펌프의 흡입구에서의 유체의 증기압에 상응하는 양정과의 차이를 말한다.

- (5) “슬러그 흐름(Slug flow)”이라 함은 기·액상흐름에서 액체파동이 주기적으로 거품덩어리 상태를 형성하면서 평균액체속도보다 빠른 속도로 움직이는 흐름을 말한다.

3.2 그 밖의 용어의 정의는 이 지침에서 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 동법시행령, 동법시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 의한다.

제2장 공정용기

4. 설계 및 제작 규격

- (1) 모든 공정용기는 노동부 고시 『압력용기 제작기준·안전기준 및 검사기준』, 『한국산업규격 KS B 6750 “압력용기(설계 및 제조일반)”』 또는 미국 국가기준협회규격 ANSI/ ASME Section VIII 『Rules for construction of pressure vessel』 등의 최신판에 준하여 설계·제작되어야 한다.
- (2) 안지름이 150 mm 이하인 공정용기는 전항의 규정을 적용하지 아니한다.

5. 설계조건

5.1 압력

- (1) 최대운전압력이 게이지 압력으로 7 MPa(70 kg_f/cm²) 이하인 공정용기의 설계 압력은 최대운전압력에 최대운전압력의 10 % 또는 180 kPa(1.8 kg_f/cm²) 중 큰 수치를 더한 수치 이상으로 하여야 한다. 가능하면 최소설계압력은 350 kPa(3.5 kg_f/cm²) 이상으로 한다.
- (2) 최대운전압력이 게이지 압력으로 7 MPa(70 kg_f/cm²)를 초과하는 공정용기의 설계압력은 최대운전압력에 최대운전압력의 5 % 또는 700 kPa(7 kg_f/cm²) 중 큰 수치를 더한 수치 이상으로 하여야 한다. 다만, 파일럿 작동형(Pilot type) 안전밸브를 설치하는 경우에는 공정용기의 설계압력은 최대운전압력에 최대운전압력의 5 %를 더한 수치 이상으로 할 수 있다

- (3) 진공하에서 운전되는 경우에는 완전 진공에서 견딜 수 있도록 설계하여야 한다.
- (4) 진공하에서 운전되지 않더라도 제어의 잘못 또는 열공급원의 차단 등으로 인하여 진공이 걸릴 수 있는 경우에는 완전진공에서 견딜 수 있도록 설계하거나 진공제거장치를 설치하여야 한다.
- (5) 내부에 액체로 완전히 채워진 공정용기는 공정운전조건에 의하여 발생할 수 있는 진공을 고려하여 설계하여야 한다.

5.2 온도

- (1) 일반적으로 설계온도는 정상운전온도에 30 ℃를 더한 수치로 한다. 공정용기의 전단에 수냉식 열교환기가 설치되어 있는 경우에는 냉각수의 공급이 중단되는 경우를 고려하여 온도를 결정하여야 한다.
- (2) 고온·고압하에서 운전되는 반응기의 경우에는 온도증가에 따라 재료의 응력이 급격히 저하되므로 촉매의 사용기간 만료 직전에서의 예상되는 최대 운전온도를 고려하여 설계하여야 한다.
- (3) 설계온도는 플랜지의 호칭압력을 결정하는데 영향을 주므로 이를 고려하여야 한다.
- (4) 고온·고압용기인 경우에는 사용두께를 줄이거나 합금량을 줄이기 위하여 내부에 단열재를 설치할 수 있다. 이 경우 동체외부의 설계 온도는 150 ℃이하로 한다.

5.3 부식여유

- (1) 일반적으로 부식성이 없는 유체를 취급하는 공정용기로서 일반 탄소강 재질을 사용하는 경우에는 공정용기의 사용기간을 10년으로 하여 3 mm의 부식여유를 준다.
- (2) 부식성이 강한 유체를 취급하는 경우에는 부식에 대비하여 크래드강 또는 용접오버레이강(Weld overlayed steel)을 사용한다.
- (3) 부식성이 강한 액체를 낮은 온도에서 취급하는 경우에는 공정용기의 내부에

내산시멘트 등으로 코팅하여 사용할 수 있다.

6. 공정용기의 크기

6.1 고정층 반응기

(1) 지름의 결정시에는 다음 사항을 고려한다.

(가) 반응기의 안지름은 사용하는 재질의 두께를 얇게하기 위하여 가능한 한 작게 하여야 한다.

(나) 정상운전중에 촉매층에서의 압력손실 및 촉매사용기간 만료시점에서의 촉매층의 오염 또는 막힘으로 인한 압력손실을 최우선적으로 고려하여야 한다.

(다) 제작장소로부터 설치장소로 운반시의 장애물을 고려하여야 한다. 이 경우 바깥 지름이 육상 운송인 경우에는 4 m, 해상운송인 경우에는 5 m 이하가 되도록 하는 것이 좋다.

(2) 길이와 지름 비율은 약 3 : 1 정도로 하는 것이 좋다.

(3) 촉매층 위에서 촉매, 바스켓(Basket) 및 분배기(Distributor) 등을 설치하는데 지장이 없도록 촉매층 상부의 여유 공간을 충분히 고려하여야 한다.

(4) 촉매층 하부의 여유공간은 촉매지지대의 종류 및 특성과 우회(By-pass) 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(5) 촉매층의 깊이가 긴 경우에는 동체는 열에 의하여 늘어나고 촉매층 자체의 깊이는 감소되는 현상(Slumping)을 고려하여야 한다. 이러한 현상은 높은 반응온도로 동체가 늘어나기 때문에 발생하며 촉매층은 깊이 1 m당 20 mm 정도가 줄어든다.

(6) 반응기 내부에 고온에 의한 동체의 재질을 보호하기 위하여 내화물의 설치가 필요한 경우에는 내화물 및 내부라이너(Liner)가 차지하는 두께의 2배를 감안하여 외부 동체의 지름을 결정하여야 한다.

6.2 증류장치

6.2.1 지름 결정시 고려사항

- (1) 범람(Flood)조건의 85 % 이하에서 운전되도록 내부 지름을 결정한다.
- (2) 제작장소로부터 설치장소로 운송시의 장애물 등을 고려하여야 한다.

6.2.2 단과 단 사이의 거리(Tray spacing)

- (1) 단과 단 사이의 거리는 정비·보수를 위하여 600 mm로 하는 것이 좋다.
- (2) 증류장치의 지름이 작거나, 취급하는 유체가 깨끗하거나, 단의 수가 40개를 초과하는 경우에는 단과 단 사이의 거리를 450 mm로 줄일 수 있다.
- (3) 원료가 공급되는 단에서는 그단과 상부단사이의 거리는 최소한 600 mm이상이어야 한다.

6.2.3 상부의 여유공간

- (1) 상부의 여유공간 즉 최상부 단으로부터 증류장치의 상부 탄젠트 라인(Tangent line)까지의 거리는 900 mm이상으로 한다.
- (2) 증기의 토출관이 동체측에 설치되어 있는 경우에는 액체의 비말동반(Entrainment)을 방지하기 위하여 상부의 여유공간을 1200 mm이상 확보하여야 한다.

6.2.4 하부의 여유공간

- (1) 증류장치 하부의 여유공간은 증류장치 내부에서 작업자가 서서 작업할 수 있도록 최소한 2100 mm 이상을 유지하도록 한다.
- (2) 재비기(Reboiler)의 순환 노즐은 최하부 단의 밀봉접시(Seal pan)와 최대 운전 액위 사이에 설치하여야 한다.

6.2.5 측면토출(Side draws)

- (1) 증류장치 측면에서의 유체 토출은 서지시간(Surge time)이 필요없는 경우에는 하강유로(Downcomer) 바로 밑에 있는 단의 웰(Well)에서 하도록 하

고, 서지시간이 필요한 경우에는 가운데 웰(Centerwell)에서 하도록 한다.

- (2) 펌프의 흡입배관이 증류장치에 직접 연결되어 있는 경우의 측면토출은 가운데 웰(Centerwell)에서 하도록 한다.
- (3) 가운데 웰(Centerwell)에는 증류장치의 내부 단면적의 12 % 이상의 면적을 갖는 증기파이프가 설치되어야 하며, 단으로 증기의 분산이 잘되도록 증기파이프의 끝단과 상부 단과의 사이는 충분한 여유를 가지고 있어야 한다.
- (4) 증기를 측면에서 토출시키는 경우에는 축적파이프(Accumulator pipe)가 설치되어야 하며 단과 단 사이의 거리는 1500~2100 mm 정도 유지되어야 한다.

6.2.6 서지용량(Surge capacity)

- (1) 증류장치 하부에서의 서지 용량은 정상 운전 액위로부터 최소 1분이상 유지되도록 하여야 한다. 일반적으로 정상액위로부터 2분 정도 유지되도록 한다.
- (2) 증류장치 하부유체가 반응기 또는 정밀하게 분리시키는 증류장치로 인입되는 경우에는 증류장치 하부에서의 서지용량은 정상운전 액위로부터 5분이상 유지되도록 한다.

6.3 증류장치의 상부용기(Overhead receiver)

6.3.1 지름

- (1) 상부용기의 지름은 증기 속도에 의하여 결정한다. 그러나 증기의 속도가 낮은 경우에는 액체의 체류 시간을 기준으로 결정한다.
- (2) 증기의 속도는 다음 식에 의하여 계산한 수치 이하로 유지하도록 한다.

$$v = 0.048 \sqrt{d_{\ell} / d_v}$$

v : 증기의 속도(m/s)

d_{ℓ} : 액체의 밀도(g/cm³)

d_v : 증기의 밀도(g/cm³)

6.3.2 길이

- (1) 일반적으로 상부 용기의 길이는 지름의 3배로 한다.
- (2) 용기의 지름을 증기의 속도를 기준하여 결정한 경우에는 용기의 길이는 용기 내부에서의 액체의 체류시간을 기준하여 결정한다.
- (3) 최소체류시간은 일반적으로 인입되는 양을 기준으로 5분으로 한다. 체류시간은 용기의 1/2이 채워진 상태를 기준으로 한다.
- (4) 용기내부에서 비중차에 의하여 물의 침강(Settling)이 필요한 경우에는 취급하는 유체의 체류시간은 10~15분, 부츠(Boot)에서 분리된 물의 체류 시간은 5~10분으로 한다.

6.4 서지드럼(Surge drum)

6.4.1 충전 시간

서지드럼은 드럼을 75 % 채우는데 필요한 시간으로 결정하며 시간은 15~60분으로 한다.

6.4.2 길이와 지름의 비

드럼의 길이와 지름의 비가 3 : 1이 되도록 결정한다.

6.5 침강드럼(Settling drum)

6.5.1 침강시간

- (1) 침강드럼은 침강시간을 기준으로하여 그 크기를 결정하며, 침강시간은 다음 사항의 함수이다.
 - ① 유체의 비중
 - ② 분리정도
 - ③ 혼합정도
 - ④ 기타 물리적 성질

(2) 침강시간은 다음식에 의하여 계산한다.

$$t = 3\mu / (\rho_H - \rho_L)$$

여기에서,

t : 시간(min)

μ : 유체의 점도(centipoise)

ρ_H : 무거운층의 비중

ρ_L : 가벼운층의 비중

6.5.2 침강속도

유체의 침강속도는 다음식에 의하여 계산한다.

$$V_t = 32.9 \times (d_H - d_L) / \mu$$

여기서

V_t : 침강속도(m/min)

d_H : 무거운층의 밀도(g/cm³)

d_L : 가벼운층의 밀도(g/cm³)

μ : 점도(centipoise)

6.5.3 합체 블랭킷(Coalescing blanket)

(1) 합체블랭킷은 침강속도를 빠르게 하기 위하여 설치한다.

(2) 블랭킷을 통과하는 속도는 0.3~1 m/min로 한다.

(3) 블랭킷의 두께는 300 mm 정도로 한다.

6.6 기·액분리기

6.6.1 지름

(1) 기체의 유량을 기준하여 지름을 결정하는 경우에는 6.3.1항의 기준에 따른다.

- (2) 액체의 유량을 기준하여 지름을 결정하는 경우에는 증기에 액체가 비말동반하는 것을 방지하기 위하여 그 속도를 30 mm/sec 이하로 하여야 하며 15 mm/sec로 하는 것이 좋다.

6.6.2 체류시간

- (1) 기체와 액체를 효율적으로 분리할 수 있도록 체류시간을 충분히 주어야 한다.
- (2) 체류시간은 액위조절부유통(Level control float chamber)에서 최소한 조절밸브의 여닫음 시간의 5배 이상 이어야 한다.

6.6.3 미스트제거 패드(Demister pad)

- (1) 기액분리기용 미스트제거 패드는 150 mm 두께를 일반적으로 사용한다.
- (2) 최대 증기속도는 다음식에 의하여 계산한 수치 이하로 유지하도록 한다.

$$v_{\max} = 0.107 \sqrt{d_{\ell} / d_v}$$

여기서

v_{\max} : 최대증기의 속도(m/s)

d_{ℓ} : 액체밀도(g/cm³)

d_v : 기체밀도(g/cm³)

- (3) 최소증기속도는 최대증기속도의 70 %이상 유지하도록 한다.

6.6.4 물의 침강

유체에 포함된 물을 침강시키는 경우에는 액체의 체류시간을 최소한 10분 이상 유지하도록 한다.

7. 공정용기의 모양

7.1 경관의 형태

7.1.1 타원형

일반적으로 2:1 타원형 경판을 주로 사용한다.

7.1.2 접시형

접시형 경판은 저압 공정용기에 사용한다.

7.1.3 반구형

반구형 경판은 설계압력이 게이지압력으로 7 MPa(70 kg_f/cm²) 이상인 경우에 사용한다.

7.2 노즐

7.2.1 벤트노즐

- (1) 모든 공정용기에는 공정 용기 또는 배관의 최상단에 벤트노즐을 설치하여야 한다. 단, 수소순환반응기는 그러하지 아니한다.
- (2) 증류장치의 상부 용기에 설치되는 벤트의 크기는 비상시에 증류장치 내부 압력을 5분 이내에 제거할 수 있도록 선정되어야 한다.

7.2.2 드레인 노즐

- (1) 모든 공정용기에는 공정용기 또는 배관의 최하단에 드레인 노즐을 설치하여야 한다. 단 수소순환 반응기는 그러하지 아니한다.
- (2) 증류장치의 드레인 노즐은 최소한 DN 40(NPS 1½) 이상이어야 한다.

7.2.3 액면계 노즐

- (1) 모든 증류장치의 하부 및 기·액 또는 액·액 분리가 이루어지는 모든 공정용기에는 액면계 노즐을 설치하여야 한다.
- (2) 액면계를 설치하기 위한 노즐은 DN 20(NPS 3/4)를 주로 사용한다.

- (3) 액면조절 부유통을 설치하기 위한 노즐은 최소한 DN 40(NPS 1½) 이상이어야 한다.

7.2.4 노즐의 크기

- (1) 노즐의 최대 크기는 공정용기 지름의 1/2을 초과하여서는 아니된다.
- (2) 노즐의 최소 크기는 DN 20(NPS 3/4) 미만이어서는 아니된다.

7.3 맨홀

7.3.1 증류장치

- (1) 모든 증류장치의 상부에는 DN 450(NPS 18)이상의 맨홀을 설치하여야 한다.
- (2) 모든 증류장치의 원료공급단과 하부에는 DN 450(NPS 18) 이상의 맨홀을 설치하여야 한다.

7.3.2 증류장치 이외의 공정용기 맨홀

증류장치 이외의 공정용기에는 DN 450(NPS 18) 이상의 맨홀을 1개 이상 설치하여야 한다.

7.3.3 검사용 구멍

- (1) 작업자가 검사를 실시하기 위하여 그 내부에 들어갈 수 없는 소형 공정용기에는 검사용구멍(Hand hole)을 설치하여야 한다.
- (2) 검사용구멍은 그 안지름이 최소한 DN 150(NPS 6) 이상이어야 한다.

7.4 분배기(Distributor)

7.4.1 증류장치용

모든 증류장치의 원료 및 환류 노즐에는 분배기를 설치하여야 한다.

7.4.2 기타 공정용기용

- (1) 수평형 공정용기에는 인입노즐 크기보다 한 치수 큰 수직관형 분배기를 설치한다.
- (2) 수직형 공정용기에는 동체 가까이에 “T”형 분배기를 설치한다.

제3장 열교환기

8. 설계 및 제작 규격

8.1 스팀발생 열교환기

스팀발생 열교환기는 노동부 고시 한국산업규격 KS B 6750 “압력용기(설계 및 제조일반)” 또는 미국국가규격협회규격 ANSI/ ASME Section I “Power boiler” 등의 최신판에 준하여 설계·제작되어야 한다.

8.2 화학공정용 열교환기

화학공정용 열교환기는 한국산업규격 KS B 6750 “압력용기(설계 및 제조일반)” 또는 미국 관형 열교환기 제작자 협회(TEMA) 규격(Standard of the tubular exchanger manufacturers association) 등의 최신판에 준하여 설계·제작되어야 한다.

미국 관형 열교환기 제작자 협회(TEMA) 규격에서 규정하는 유형별 적용 대상은 다음과 같으며 그 차이점은 <별표 1>과 같다.

- (1) 정유 및 석유화학공정에서 사용되는 열교환기 : TEMA “R”형
- (2) 화학공정에서 사용되는 열교환기 : TEMA “B”형
- (3) 기타 일반공정에서 사용되는 열교환기 : TEMA “C”형

9. 설계조건

9.1 압력

- (1) 최대운전압력이 게이지 압력으로 7 MPa(70 kg_f/cm²) 이하인 열교환기의 설계압력은 최대운전압력에 최대운전압력의 10 % 또는 180 kPa(1.8 kg_f/cm²) 중 큰 수치를 더한 수치이상으로 하여야 한다.(TEMA 기준에 따르는 경우에는 최소설계압력은 520 kPa(5.3 kg_f/cm²) 이상이어야 함.)
- (2) 최대운전압력이 게이지 압력으로 7 MPa(70 kg_f/cm²)를 초과하는 열교환기의 설계압력은 최대운전압력에 최대운전압력의 5 % 또는 700 kPa(7 kg_f/cm²) 중 큰 수치를 더한 수치이상으로 하여야 한다. 다만, 파일럿 작동형(Pilot type) 안전밸브를 설치하는 경우에는 공정용기의 설계압력은 최대운전압력에 최대운전압력의 5 %를 더한 수치 이상으로 할 수 있다
- (3) 반응기의 인입측과 토출측의 유체를 열교환시키는 열교환기 등과 같이 동체측과 튜브측에 동시에 압력이 걸리는 열교환기로서 튜브 및 튜브판(Tube sheet)의 설계압력을 동체측과 튜브측의 압력차로 하는 경우에는 튜브 및 튜브판의 설계압력은 동체측과 튜브측의 예상되는 최대압력차에 최대운전압력의 10 % 또는 350 kPa(3.5 kg_f/cm²) 중 큰 수치를 더한 수치이상으로 할 수 있다.

9.2 온도

- (1) 일반적으로 열교환기의 설계온도는 최대운전온도에 30 °C를 더한 수치로 한다.
- (2) 냉각기 및 응축기의 냉각수측 설계온도는 일반적으로 90 °C로 한다. 이 경우에 공정유체측의 운전온도는 일반 공업용수를 냉각수로 사용할 때에는 200 °C, 바닷물을 냉각수로 사용할 때에는 150 °C 이하이어야 한다.
- (3) 열교환기의 설계온도를 결정할때에는 설계온도가 플랜지의 호칭압력을 결정하는데 영향을 주므로 이를 고려하여야 한다.
- (4) 수분이 포함된 가벼운 탄화수소가스, 황화수소 또는 이산화탄소를 압력하에서 15 °C 이하로 냉각시킬때에는 수화물 결정이 생성되어 열교환기를 막히게 하므로 이러한 공정가스는 열교환기에 인입되기 전에 건조시켜야 한다. 알콜, 글리콜 또는 암모니아를 첨가하면 이러한 현상을 방지할 수 있다.

9.3 재질 및 부식여유

(1) 일반적으로 일반탄소강 및 저합금 탄소강을 사용하는 열교환기의 압력을 받는 부위의 부식여유는 다음과 같다.

(가) TEMA “R”형 : 3 mm

(나) TEMA “B” 및 “C”형 : 1.5 mm

(2) 튜브에는 부식여유를 적용하지 아니하며 부식성이 있는 유체를 취급하는 경우에는 합금강을 사용한다.

(3) 튜브판의 부식여유는 튜브측 및 동체측 양측에 9.3의 (1)항에서 규정하는 부식여유를 주어야한다.

9.4 압력손실

(1) 응축기 (Condenser) 및 냉각기 (Cooler)의 냉각수측에서의 압력손실은 일반적으로 68.6 kPa(0.7 kg_f/cm²) 이내로 한다.

(2) 공정유체측의 열교환기에서의 압력손실은 일반적으로 39.2~196 kPa(0.4~2 kg_f/cm²) 범위내에서 그 시스템의 특성 및 압력에 따라 결정한다.

(3) 반응기의 인입측과 토출측의 유체를 서로 열교환시키는 열교환기에서의 압력손실은 열교환기 1개당 다음과 같이 한다.

(가) 저압인 경우 : 14.7 kPa(0.15 kg_f/cm²) 정도

(나) 고압인 경우 : 34.3 kPa(0.35 kg_f/cm²) 정도

(4) 상압 이상에서 운전되는 응축기의 공정 유체측의 압력손실은 9.8~34.3 kPa (0.1~0.35 kg_f/cm²) 범위내에서 결정한다.

(5) 재비기(Reboiler)의 공정유체측의 압력손실은 1.47~14.7 kPa(0.015~0.15kg_f/cm²) 범위내에서 결정하며 특별히 열사이폰형 (Thermosyphon) 재비기의 공정 유체측의 압력손실은 1.47~3.43 kPa(0.015~0.035 kg_f/cm²) 범위내에서 결정한다. 또한 일회통과형(Once-Through) 재비기의 공정유체측의 압력손실은 14.7 kPa(0.15 kg_f/cm²) 정도로 한다.

(6) 진공하에서 운전되는 응축기의 공정유체측의 압력손실은 10~25 mmHg 범위

내에서 결정한다.

9.5 오염저항계수(Fouling resistance)

(1) 냉각수의 오염저항계수는 다음과 같다.

(가) 수처리한 공업용수 : $1.9 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ($2.2 \times 10^{-4} \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal}$)

(나) 수처리하지 않은 공업용수 : $1.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ($2.2 \times 10^{-3} \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal}$)

(다) 바닷물 : $1.9 \times 10^{-4} \sim 4.8 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ($2.2 \times 10^{-4} \sim 5.6 \times 10^{-4} \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal}$)

(2) 공정유체의 오염저항계수는 $1.9 \times 10^{-4} \sim 9 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ($2.2 \times 10^{-4} \sim 1.1 \times 10^{-3} \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal}$) 정도이다.

(3) 공냉식 열교환기의 공기측 오염저항계수는 무시한다.

9.6 동체측 및 튜브측 유체의 선정

(1) 오염물질이 함유된 유체(Fouling fluid)는 튜브측으로 통과시킨다.

(2) 점도가 2 센티스톡스(cSt) 이상인 유체는 동체측으로 통과시킨다.

(3) 부유물질(Suspended solid)이 함유된 유체는 튜브측으로 통과시킨다.

(4) 고온의 유체는 튜브측으로 통과시킨다.

(5) 냉각수는 일반적으로 튜브측으로 통과시킨다.

(6) 부식성이 있는 유체는 튜브측으로 통과시킨다.

9.7 총괄열전달계수

(1) 응축기의 총괄열전달계수는 $120 \sim 870 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($100 \sim 750 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) 정도이다. 대부분의 탄화수소 응축기의 총괄열전달계수는 $570 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($490 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) 정도이다.

(2) 재비기의 총괄열전달계수는 $290 \sim 580 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($250 \sim 500 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) 정도이다.

- (3) 액·액시스템 및 혼합상(Mixed phase) 시스템의 관형 열교환기에서의 총괄열전달계수는 $290 \sim 410 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($250 \sim 350 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) 정도이다.
- (4) 가스·가스 열교환기에서의 총괄열전달계수는 $80 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($70 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) 정도이다.
- (5) 이중관식 열교환기에서의 총괄열전달계수는 관형열교환기의 1/3 정도이다.

10. 열교환기의 형태

열교환기의 종류는 <별지그림 1>과 같이 여러 가지 형태가 있다.

제4장 가열로

11. 설계조건

11.1 설계압력

설계압력은 최대운전압력의 10 % 또는 180 kPa($1.8 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$) 중 큰 값을 더한 수치이상으로 한다.

11.2 설계온도

튜브의 설계온도(Tube metal design temperature)는 그 금속의 최대사용허용온도 이하로 한다.

11.3 압력손실

가열로에서의 압력손실은 <표 1> 기준에 따른다.

<표 1> 압력손실 기준

종 류	압력손실	
	kPa	kg _f /cm ²
원유가열로(Crude heater)	882	9
진공가열로(Vacuum heater)	539	5.5
열분해가열로(Thermal cracker)	1372	14
열매체가열로(Hot oil heater)	196~294	2~3
재비기용가열로(Fired reboiler)	343	3.5

11.4 튜브내의 유속

튜브 내에서의 유속은 <표 2> 기준에 따른다.

<표 2> 유속기준

종 류	상온에서의 유속(m/s)
원유가열로	0.9~1.2
진공가열로	0.4~0.6
열분해가열로	1.0~2.5

11.5 열 플럭스량(Heat flux rate)

- (1) 용량이 1.45×10^6 W (1.25×10^6 kcal/h) 이하인 가열로의 복사부(Radiant section)에서의 플럭스량은 외부표면적 기준으로 $16 \times 10^3 \sim 26 \times 10^3$ W/m² ($14 \times 10^3 \sim 22 \times 10^3$ kcal/m² · h) 범위내에서 결정한다.
- (2) 용량이 5.8×10^6 W (5×10^6 kcal/h) 이상으로 가운데 벽이 없는 가열로의 복사부에서의 플럭스량은 $31 \times 10^3 \sim 38 \times 10^3$ W/m² ($27 \times 10^3 \sim 33 \times 10^3$ kcal/m² · h) 범위내에서 결정한다.
- (3) 복사부에 가운데 벽이 있는 가열로는 앞에서 규정한 플럭스량의 120 %까지 허용된다.

11.6 튜브의 크기

가열로에 사용하는 튜브의 지름은 파이프의 호칭 지름으로 DN 150(NPS 6) 이하를 주로 사용한다.

12. 가열로의 형태

가열로의 형태는 다음과 같다.

- (1) 바닥연소식 수평튜브(Bottom fired horizontal tube-box)형
- (2) 벽연소식 수평튜브(Wall fired horizontal tube-box)형
- (3) 바닥연소식 수직튜브(Bottom fired vertical tube-box)형
- (4) 벽연소식 수직튜브(Wall fired vertical tube-box)형
- (5) 바닥연소식 수직튜브원통(Bottom fired vertical tube-cylindrical)형
- (6) 지붕연소식 수직튜브원통(Down fired vertical tube-cylindrical)형
- (7) 바닥연소식 나선튜브원통(Bottom fired spiral tube-cylindrical)형
- (8) 지붕연소식 나선튜브원통(Down fired spiral tube-cylindrical)형

13. 버너의 종류

가열로용 버너의 종류에는 다음과 같은 것들이 있다.

- (1) 가스전용 버너
- (2) 액체전용 버너
- (3) 가스·액체 겸용 버너

14. 가열로의 효율

14.1 효율

인입유체온도에 따른 일반적인 가열로의 효율은 <표 3>와 같다.

<표 3> 가열로의 효율

인입 유체의 온도(T)(℃)	효율(%)
T<205	72
205≤T<260	70
260≤T<315	68
315≤T<345	65
345≤T<370	62
370≤T<400	60
400≤T<425	55
425≤T	50

14.2 효율증대 방법

(1) 가열로의 효율을 증대시키는 방법에는 다음과 같은 것들이 있다.

(가) 대류부(Convection section)에 공정유체를 통과시키어 폐열을 회수하는 방법

(나) 대류부에서 스팀을 발생시키어 폐열을 회수하는 방법

(다) 연소가스와 연소용 공기를 열교환시키어 폐열을 회수하는 방법

(2) 가열로 설계시에는 제1항 각호의 방법을 복합적으로 사용하여 가능한 한 효율을 높여야 한다.

제5장 펌프

15. 설계조건

15.1 용량

(1) 펌프의 설계 용량은 일반적으로 정상운전 유량의 115 %로 산정하며 최소한 110 % 이상으로 하여야 한다.

(2) 증류장치 등의 환류펌프는 설계용량은 정상운전유량의 125~135 %의 범위에서 산정하며 최소한 120 % 이상으로 하여야 한다.

15.2 펌프의 양정(Differential head)

- (1) 펌프의 양정은 정상운전유량을 기준으로하여 산정한다. 그러나 유량의 변화가 큰 경우에는 높은 양정을 필요로하는 유량으로 산정한다.
- (2) 보일러급수펌프의 양정은 미국국가기준협회규격 ANSI/ASME Section I "Power boiler" 의 기준에 따른다. 이 펌프는 안전밸브가 설정압력의 106 %에서 작동될 때에도 정상운전 유량을 공급할 수 있어야 한다.

15.3 유효양정(NPSH)

- (1) 펌프의 공정정보에는 시스템에서의 허용유효양정(NPSHa)이 포함되어 제공되어야 한다.
- (2) 펌프는 어느 경우에도 시스템에서의 허용유효양정이 펌프의 제작자가 요구하는 유효양정(NPSHr)보다 커야한다.
- (3) 허용유효양정은 다음과 같이 계산한다.

$$NPSHa = H_P + H_Z - H_{VP} - H_f$$

여기서

$NPSHa$: 허용유효양정(m)

H_P : 펌프흡입측용기에서 유체의 압력에 상응하는 양정 (m)

H_Z : 펌프흡입측으로부터의 유체의 최소높이에 상응하는 양정(m)

H_{VP} : 유체의 흡입측 온도에서의 증기압에 상응하는 양정(m)

H_f : 펌프 흡입 배관에서의 압력손실에 상응하는 양정(m)

16. 펌프의 종류 및 선정기준

16.1 펌프의 종류

펌프의 종류는 <별지그림 2>와 같이 분류한다.

16.2 선정기준

- (1) 다음의 경우이외에는 일반적으로 원심펌프를 사용한다.

(가) 고양정 저용량인 경우 : 왕복동 펌프

(나) 유량이 1 m³/h이하인 경우 : 플런저 또는 다이어프램 펌프

(다) 유체의 점도가 1,000 cP 이상인 경우 : 기어 또는 스크류 펌프

(라) 유체에 고체입자가 포함되어 있는 경우 : 로브펌프

(마) 유체에 5 %(v) 이상의 기체가 포함되어 있는 경우 : 로타리 펌프

(바) 허용유효양정이 충분하지 않은 비점 액체를 취급하는 경우 : 수직형 캔
(Can 또는 Barrel)형 원심펌프

(2) 형식별 일반설정 기준 및 장단점

(가) 왕복동펌프

① 다음의 경우에는 왕복동 펌프가 적합하다.

- 유체의 점도가 큰 경우
- 고양정이 필요한 경우
- 일정 유량 또는 계량(Metering)이 필요한 경우

② 왕복동 펌프의 장단점은 다음과 같다.

- 효율이 높다.
- 마모성이 있는 유체를 취급하는 경우에는 사용할 수 없다.
- 초기 투자비가 높다.
- 유지·보수비가 높다.
- 용량이 제한적이다.
- 유량에 맥동(Pulsation)이 있다.

(나) 로타리펌프

① 다음의 경우에는 로타리펌프가 적합하다.

- 허용유효양정이 작은 경우

- 유체의 점도가 매우 큰 경우

② 로타리펌프의 장단점은 다음과 같다.

- 고점도유체인 경우 효율이 높다.
- 마모성이 있는 유체를 취급하는 경우에는 사용할 수 없다.
(단, 로브펌프는 제외)

(다) 원심펌프

① 16.2의 (1)항에서 규정한 경우 이외에는 일반적으로 원심펌프가 적합하다.

② 원심펌프의 장단점은 다음과 같다.

- 사용범위가 넓다.
- 초기투자비가 낮다.
- 허용유효양정에 제한을 많이 받는다.
- 효율이 비교적 낮다.
- 유지· 보수비가 낮다.

제6장 압축기

17. 설계조건

17.1 용량

압축기의 설계용량은 일반적으로 정상운전시에 필요한 용량의 110 %로 한다.

17.2 압축비

최대 압축비는 단(Stage)당 3:1이하로 한다. 수소가스 승압(Boosting)용 압축기는 토출측에서의 온도가 150 ℃를 초과하지 않도록 압축비를 선정한다.

17.3 압축기의 양정(Head)

압축기의 양정은 일반적으로 정상운전 용량의 110 %를 기준으로하여 선정한다.

18. 예비압축기

18.1 왕복동식 압축기

(1) 일반적으로 연속공정에서는 예비압축기가 필요하다. 예비압축기의 용량도 주압축기의 용량과 크기를 동일하게 한다.

(2) 압축기는 다음 각호 중 하나의 방법을 선정하여 설치한다.

(가) 1대정상운전시 : 100 % 용량의 압축기 2대

(나) 2대정상운전시 : 50 % 용량의 압축기 3대

18.2 원심, 스크류 및 기어 압축기

(1) 일반적으로 예비 압축기를 설치하지 않는다.

(2) 이 경우에는 예비 로터(Rotor)를 확보하는 것이 좋다.

19. 압축기의 종류 및 선정기준

19.1 압축기의 종류

압축기의 종류는 <별지그림 3>과 같이 분류한다.

19.2 선정기준

19.2.1 공정 특성에 의한 종류별 적합성

공정의 특성에 의한 압축기의 선정 기준은 <표 4>와 같다.<표 4> 공정 특성에 의한 선정기준

공정특성	적합	조건부적합	추가투자필요	부적합
압축기로 액체가 비말 동반하는 경우	액체링 나선형 스크류	원심	왕복동 슬라이딩 베인 고속원심	-
압축기로 기체가 비말 동반하는 경우	액체링	나선형스크류 원심	왕복동 슬라이딩 베인 고속원심	-
유체에 윤활유 오염이 되어서는 아니되는 경우	비윤활 왕복동	원심 액체링	나선형 스크류	윤활 왕복동 슬라이딩 베인
유체에 오염(Fouling) 성질이 있는 경우	나선형 스크류	원심	-	윤활 왕복동 고속원심

19.2.2 특수조건에 대한 적합성

특수한 조건에 의한 압축기 종류별 선정기준은 <표 5>와 같다.

<표 5> 특수 조건에 의한 선정기준

조건	최우선 선정	차선 선정	3차 선정	4차 선정
고효율이 요구되는 경우	왕복동 슬라이딩 베인	나선형 스크류 축형	원심	액체링
저렴한 유지보수가 요구 되는 경우	원심	나선형 스크류 액체링	윤활 왕복동	슬라이딩 베인 비윤활 왕복동
유량이 매우 낮은 경우	저유량 원심	고압 다이아프램	-	-

19.2.3 형식별 일반 선정기준 및 장단점

압축기의 형식별 일반적인 선정기준은 다음과 같다.

(1) 왕복동 압축기

(가) 사용범위

- 압력 : 진공에서부터 약 690 MPa($7 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$)까지

KOSHA GUIDE
D - 37 - 2012

- 유량 : 8.5~12,000 m³/h
- 효율 : 80~90 %

(나) 장점

- 토출압력이 매우 높다.
- 효율이 높다.

(다) 단점

- 흐름에 맥동(Pulsation)이 있다.
- 연속적인 운전을 위하여는 여유 압축기가 필요하다.
- 부피가 크고 값이 비싸다
- 유지보수비가 높다.

(2) 스크류 압축기

(가) 사용범위

- 압력 : 게이지압력으로 약 1.8 MPa(18 kg_f/cm²)까지
- 유량 : 1.4×10³ ~34×10³m³/h
- 효율 : 75~85 %

(나) 장점

- 유지보수비가 저렴하다.
- 타르 및 폴리머가 함유된 유체에 사용할 수 있다.
- 가격이 상대적으로 저렴하다.

(다) 단점

- 토출압력이 낮다.
- 소음이 크다
- 유량의 변동 범위가 작다
- 압축비가 제한적이다.

(3) 슬라이딩 베인 압축기

(가) 사용범위

- 압력 : 게이지 압력으로 약 980 kPa(10 kg_f/cm²)까지
- 유량 : 85~10×10³ m³/hr
- 효율 : 60~75 %

(나) 장점

- 가격이 상대적으로 저렴하다.
- 유지보수비가 저렴하다.

(다) 단점

- 토출압력이 낮다.
- 유체가 윤활유에 오염되기 쉽다.
- 깨끗한 유체에만 사용할 수 있다.
- 효율이 낮다.

(4) 원심압축기

(가) 사용범위

- 압력 : 35 MPa(350 kg_f/cm²)까지
- 유량 : 1.7×10³~255×10³m³/h
- 효율 : 68~76 %

(나) 장점

- 유체가 윤활유에 오염될 가능성이 낮다.
- 유지보수비가 저렴하다.
- 왕복동 압축기에 비하여 가격이 저렴하다.

(다) 단점

- 분자량이 적은 유체에 사용할 수 없다.
- 저유량에서 사용할 수 없다.

제7장 배관

20. 설계 및 제작 규격

20.1 배관적용기준

배관은 KOSHA GUIDE “배관제작 및 설치에 관한 기술지침” 및 미국국가 기준협회규격 ANSI/ASME B 31.3 “Chemical plant and petroleum refinery piping” 등의 최신판에 준하여 설계·제작·설치되어야 한다.

20.2 플랜지 적용기준

배관용 플랜지는 KOSHA GUIDE “플랜지 및 가스킷 등의 접합부에 관한 기술지침”, 미국국가기준협회규격 ANSI/ASME B 16.5 “Pipe flanges and flanged fittings” 등의 최신판에 준하여 설계·제작·설치되어야 한다.

21. 설계조건

21.1 압력

배관의 설계 압력은 그 배관이 연결되는 설비의 최대설계압력으로 한다.

21.2 온도

배관의 설계온도는 그 배관이 연결되는 설비의 최대설계온도로 한다.

21.3 압력손실 및 유속

- (1) 액체배관에서의 압력손실은 배관내에서 액체가 기화되지 않아야 하며 또한 배관의 마모를 방지할 수 있는 범위내에서 결정한다.
- (2) 기체 배관에서의 압력손실은 마모 및 소음을 방지할 수 있는 범위내에서 결정한다.
- (3) 고체가 함유된 유체의 유속은 고체가 침전되지 않는 속도이어야 한다.

- (4) 긴 액체 배관에서는 갑자기 밸브가 잠기었을 때에 햄머링(Hammering) 현상이 발생하지 않는 유속이하이어야 한다.
- (5) 기체 배관에서의 유속은 음속이하이어야 한다.
- (6) 기·액 혼합유체 배관에서의 유속은 슬러그 흐름(Slug flow)이 생성되지 않도록 충분한 속도를 유지하도록 한다.
- (7) 압력손실 및 유속은 경제성을 감안하여 선정하여야 한다.

22. 플랜지의 형태

22.1 돌출면(Raised face) 플랜지

모든 공정용 배관에는 특별한 경우를 제외하고는 돌출면 플랜지를 사용한다.

22.2 링형(Ring type joint) 플랜지

링형 플랜지는 고온·고압의 유체를 취급하는 경우에 사용한다.

22.3 평면(Flat face) 플랜지

평면 플랜지는 물 및 공기·질소를 취급하는 배관에만 사용한다.

23. 볼트·너트

23.1 형태

모든 공정용 볼트는 스터드 볼트(Stud bolt)를 사용한다.

23.2 재질

- (1) 540℃ 이하의 공정배관에 사용하는 볼트의 재질은 최소한 한국산업규격 KS D 3755 “고온합금강 볼트재”에서 규정하는 SNB7 (ASTM A-193 GR B7), 너트의 재질은 한국산업규격 KS D 3752 “기계구조용 탄소강재”에서

KOSHA GUIDE
D - 37 - 2012

규정하는 SM45C (ASTM A-194 2H) 이상이어야 한다.

(2) 고온용 공정배관에는 그 온도에 적합한 합금강 재질을 사용하여야 한다.

24. 플랜지 및 가스켓

플랜지 및 가스켓의 사용온도 및 사용압력은 KOSHA GUIDE “플랜지 및 가스켓 등의 접합부에 관한 기술지침”에서 정하는 바에 따른다.

<별표 1>

미국 관형 열교환기 제작자 협회(TEMA) 형식별 차이점

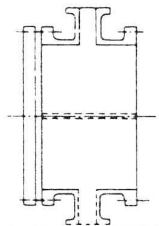
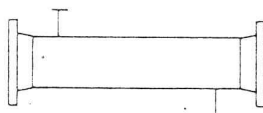
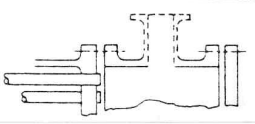
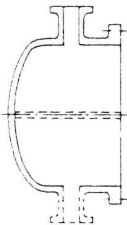
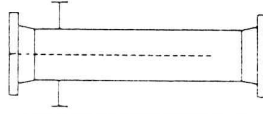
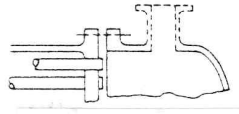
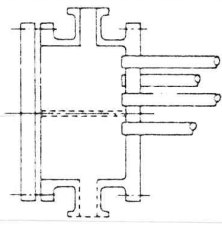
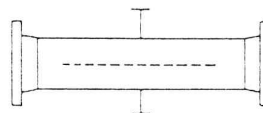
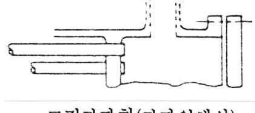
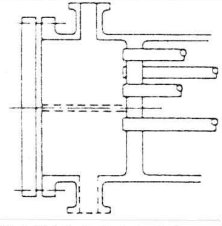
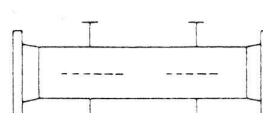
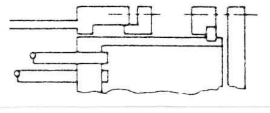
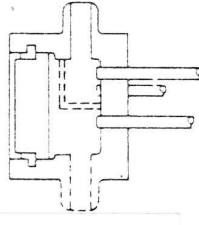
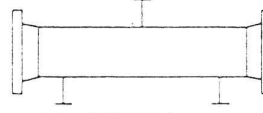
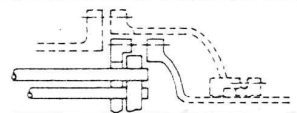
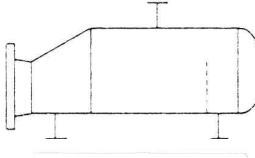
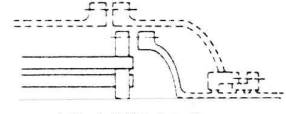
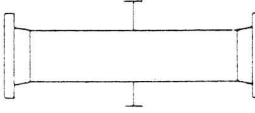
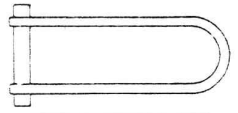
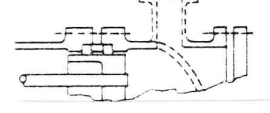
형식 항목	TEMA R형	TEMA C형	TEMA B형																																																																																		
적용대상(1.12) 부식여부(탄소강 및 주 철강의 압력받는 부위 (1.511/1.53)) 주철강의 사용제한 (1.61) 튜브피치-최소치(2.5) 튜브세척라인(2.5) 최소동체두께(표 3.13)	정유 및 석유화학공정 3.2 mm 압력이 1.034 MPa이하의 물을 취급 하는 경우에 사용가능 1.25×튜브외경 6.4 mm <table><tr><th>동체 지름 (in)</th><th colspan="3">최소 두께(mm)</th></tr><tr><th></th><th colspan="2">탄소강</th><th rowspan="2">합금강</th></tr><tr><th></th><th>파이프</th><th>평판</th></tr><tr><td>6</td><td>SCH 40</td><td>-</td><td>3.2</td></tr><tr><td>8 - 12</td><td>SCH 30</td><td>-</td><td>3.2</td></tr><tr><td>13 - 29</td><td>SCH STD</td><td>9.5</td><td>4.8</td></tr><tr><td>30 - 39</td><td>-</td><td>11.1</td><td>6.4</td></tr><tr><td>40 - 60</td><td>-</td><td>12.7</td><td>7.9</td></tr><tr><td>61 - 80</td><td>-</td><td>12.7</td><td>7.9</td></tr><tr><td>81 - 100</td><td>-</td><td>12.7</td><td>9.5</td></tr></table>	동체 지름 (in)	최소 두께(mm)				탄소강		합금강		파이프	평판	6	SCH 40	-	3.2	8 - 12	SCH 30	-	3.2	13 - 29	SCH STD	9.5	4.8	30 - 39	-	11.1	6.4	40 - 60	-	12.7	7.9	61 - 80	-	12.7	7.9	81 - 100	-	12.7	9.5	일반공정 1.6 mm 압력이 1.034 MPa를 초과 하거나 독성물질 및 인화성유체를 취급하는 경우에는 사용 불가 1.25×튜브외경(단, 튜브의 지름이 19.6 mm 이하 이거나 튜브와 튜 브 슈트를 확장 연결하는 경우에는 1.20×튜브외경) - <table><tr><th>동체 지름 (in)</th><th colspan="3">최소 두께(mm)</th></tr><tr><th></th><th colspan="2">탄소강</th><th rowspan="2">합금강</th></tr><tr><th></th><th>파이프</th><th>평판</th></tr><tr><td>6</td><td>SCH 40</td><td>-</td><td>3.2</td></tr><tr><td>8 - 12</td><td>SCH 30</td><td>-</td><td>3.2</td></tr><tr><td>13 - 23</td><td>SCH 20</td><td>7.9</td><td>3.2</td></tr><tr><td>24 - 29</td><td>-</td><td>7.9</td><td>4.8</td></tr><tr><td>30 - 39</td><td>-</td><td>9.5</td><td>6.4</td></tr><tr><td>40 - 60</td><td>-</td><td>11.1</td><td>6.4</td></tr><tr><td>61 - 80</td><td>-</td><td>12.7</td><td>7.9</td></tr><tr><td>81 - 100</td><td>-</td><td>12.7</td><td>9.5</td></tr></table>	동체 지름 (in)	최소 두께(mm)				탄소강		합금강		파이프	평판	6	SCH 40	-	3.2	8 - 12	SCH 30	-	3.2	13 - 23	SCH 20	7.9	3.2	24 - 29	-	7.9	4.8	30 - 39	-	9.5	6.4	40 - 60	-	11.1	6.4	61 - 80	-	12.7	7.9	81 - 100	-	12.7	9.5	화학공정 1.6 mm 압력이 1.034 MPa이하의 물을 취급하는 경우에 사용가능 1.25×튜브외경 동체지름이 305 mm이하; 4.8 mm 동체지름이 305 mm초과; 6.4 mm C형과 동일
동체 지름 (in)	최소 두께(mm)																																																																																				
	탄소강		합금강																																																																																		
	파이프	평판																																																																																			
6	SCH 40	-	3.2																																																																																		
8 - 12	SCH 30	-	3.2																																																																																		
13 - 29	SCH STD	9.5	4.8																																																																																		
30 - 39	-	11.1	6.4																																																																																		
40 - 60	-	12.7	7.9																																																																																		
61 - 80	-	12.7	7.9																																																																																		
81 - 100	-	12.7	9.5																																																																																		
동체 지름 (in)	최소 두께(mm)																																																																																				
	탄소강		합금강																																																																																		
	파이프	평판																																																																																			
6	SCH 40	-	3.2																																																																																		
8 - 12	SCH 30	-	3.2																																																																																		
13 - 23	SCH 20	7.9	3.2																																																																																		
24 - 29	-	7.9	4.8																																																																																		
30 - 39	-	9.5	6.4																																																																																		
40 - 60	-	11.1	6.4																																																																																		
61 - 80	-	12.7	7.9																																																																																		
81 - 100	-	12.7	9.5																																																																																		
세로 배플의 두께(4.42) 타이로드의 지름 및 개수 (4.71)	모든 재질 ; 6.4 mm <table><tr><th>동체지름(in)</th><th>지름(mm)</th><th>최소 갯수</th></tr><tr><td>6- 15</td><td>9.5</td><td>4</td></tr><tr><td>16 - 27</td><td>9.5</td><td>6</td></tr><tr><td>28 - 33</td><td>12.7</td><td>6</td></tr><tr><td>34 - 48</td><td>12.7</td><td>8</td></tr><tr><td>49 - 60</td><td>12.7</td><td>10</td></tr><tr><td>61 - 100</td><td>15.9</td><td>12</td></tr></table>	동체지름(in)	지름(mm)	최소 갯수	6- 15	9.5	4	16 - 27	9.5	6	28 - 33	12.7	6	34 - 48	12.7	8	49 - 60	12.7	10	61 - 100	15.9	12	탄소강 : 6.4 mm <table><tr><th>동체지름(in)</th><th>지름(mm)</th><th>최소 갯수</th></tr><tr><td>6 - 15</td><td>6.4</td><td>4</td></tr><tr><td>16 - 27</td><td>9.5</td><td>6</td></tr><tr><td>28 - 33</td><td>12.7</td><td>6</td></tr><tr><td>34 - 48</td><td>12.7</td><td>8</td></tr><tr><td>49 - 60</td><td>12.7</td><td>10</td></tr><tr><td>61 - 100</td><td>15.9</td><td>12</td></tr></table>	동체지름(in)	지름(mm)	최소 갯수	6 - 15	6.4	4	16 - 27	9.5	6	28 - 33	12.7	6	34 - 48	12.7	8	49 - 60	12.7	10	61 - 100	15.9	12	탄소강 : 6.4 mm <table><tr><th>동체지름(in)</th><th>지름(mm)</th><th>지름(mm)</th></tr><tr><td>6- 15</td><td>6.4</td><td>4</td></tr><tr><td>16 - 27</td><td>9.5</td><td>6</td></tr><tr><td>28 - 33</td><td>12.7</td><td>6</td></tr><tr><td>34 - 48</td><td>12.7</td><td>8</td></tr><tr><td>49 - 60</td><td>12.7</td><td>10</td></tr><tr><td>61 - 100</td><td>15.9</td><td>12</td></tr></table>	동체지름(in)	지름(mm)	지름(mm)	6- 15	6.4	4	16 - 27	9.5	6	28 - 33	12.7	6	34 - 48	12.7	8	49 - 60	12.7	10	61 - 100	15.9	12																			
동체지름(in)	지름(mm)	최소 갯수																																																																																			
6- 15	9.5	4																																																																																			
16 - 27	9.5	6																																																																																			
28 - 33	12.7	6																																																																																			
34 - 48	12.7	8																																																																																			
49 - 60	12.7	10																																																																																			
61 - 100	15.9	12																																																																																			
동체지름(in)	지름(mm)	최소 갯수																																																																																			
6 - 15	6.4	4																																																																																			
16 - 27	9.5	6																																																																																			
28 - 33	12.7	6																																																																																			
34 - 48	12.7	8																																																																																			
49 - 60	12.7	10																																																																																			
61 - 100	15.9	12																																																																																			
동체지름(in)	지름(mm)	지름(mm)																																																																																			
6- 15	6.4	4																																																																																			
16 - 27	9.5	6																																																																																			
28 - 33	12.7	6																																																																																			
34 - 48	12.7	8																																																																																			
49 - 60	12.7	10																																																																																			
61 - 100	15.9	12																																																																																			
부유식 헤드뚜껑의 최소 내부 깊이(5.11) 랜턴링의 설치(5.31) - 설계온도 - 최대설계압력	1.3×튜브흐름면적 191 ℃초과할 수 없음 <table><tr><th>동체 지름(in)</th><th>최대설계압력(kPa)</th></tr><tr><td>6 - 24</td><td>2,067</td></tr><tr><td>25 - 42</td><td>1,034</td></tr><tr><td>43 -60</td><td>517</td></tr><tr><td>61 - 100</td><td>345</td></tr></table>	동체 지름(in)	최대설계압력(kPa)	6 - 24	2,067	25 - 42	1,034	43 -60	517	61 - 100	345	1×튜브흐름면적 - 최대설계압력 : 4.137 MPa 이하	1×튜브흐름면적 R형과 동일 R형과 동일																																																																								
동체 지름(in)	최대설계압력(kPa)																																																																																				
6 - 24	2,067																																																																																				
25 - 42	1,034																																																																																				
43 -60	517																																																																																				
61 - 100	345																																																																																				

형식 항목	TEMA R형	TEMA C형	TEMA B형
가스켓 재질(6.2)	내부 부유식 헤드뚜껑, 2.067 MPa 압력 이상 및 탄화 수소가 접촉하는 모든 연결부에는 금속자켓 또는 금속 가스켓 사용	내부 부유식 헤드뚜껑 및 2.067 MPa 압력 이상 연결부위에는 금속자켓, 금속충진 또는 금속 가스켓 사용 2.067 MPa 압력 이하의 연결부위에는 비금속 가스켓 사용	C형과 동일 C형과 동일
외부 연결부용 외면 가스켓의 최소 폭(6.31)	동체의 지름이 23" 이하 ; 9.5 mm 동체의 지름이 23" 초과 ; 12.7 mm	동체의 지름이 23" 이하 ; 9.5 mm 동체의 지름이 23" 초과 ; 12.7 mm (단, 모든 주철강 플랜지에는 전면 (Full face) 가스켓 사용)	R형과 동일
외면 가스켓의 접촉면의 평면 허용공차(6.33)	표준면에서 최대 0.8 mm	RCB-1.3항에 따름	RCB-1.3항에 따름
가스켓 연결부 상세(6.5)	구속(Confined)형	구속(Confined)/비구속(Unconfined)형	C형과 동일
확관 연결형 튜브판의 최소 두께(7.11)	튜브의 바깥지름 이상(단, 부식여유 포함하여 19.1 mm 이상이어야 함)	튜브의 바깥지름이 25.4이하mm인 경우 ; 3/4×튜브의 바깥지름(mm) 튜브의 바깥지름이 31.8 mm인 경우 : 22.2 mm 튜브의 바깥지름이 38.1 mm인 경우 : 25.4 mm 튜브의 바깥지름이 50.8 mm인 경우 : 31.8 mm	C형과 동일(단, 부식여유 포함하여 19.1 mm 이상 이어야 함)
튜브구멍 홈파기 -환상 링 홈파기(7.24)	튜브 바깥지름이 15.9 mm이상인 경우에 실시	설계압력 2.068 MPa 이상 또는 설계온도 177 °C초과하고 튜브 바깥지름이 15.9 mm이상인 경우에 실시	R형과 동일
튜브확관길이(7.311)	20.8 mm 또는 튜브판 두께에서 3.2 mm를 뺀 수치 중 작은 수치 이상	2×튜브 바깥지름, 50.8 mm 또는 튜브판 두께에서 3.2 mm를 뺀 수치 중 가장 작은 수치 이상	R형과 동일
패스 칸막이 튜브판 홈파기(7.4)	홈 깊이 4.8 mm 이상	설계압력이 2.068 MPa 이상인 경우에 한하여 홈 깊이 4.8 mm 이상	C형과 동일
튜브판 클래딩 두께(튜브측면)(7.6)	튜브를 확장하는 경우에는 7.8 mm 이상 튜브를 용접하는 경우에는 3.2 mm 이상	튜브를 확장하는 경우에는 4.8 mm 이상 튜브를 용접하는 경우에는 3.2 mm 이상	R형과 동일

형식 항목	TEMA R형	TEMA C형	TEMA B형																																																																														
채널 및 보넷의 최소 두께(9.11)	<table border="1"> <tr> <th rowspan="3">동체 지름 (in)</th><th colspan="3">최소 두께(mm)</th></tr> <tr> <th colspan="2">탄소강</th><th rowspan="2">합금강</th></tr> <tr> <th>파이프</th><th>평판</th></tr> <tr> <td>6</td><td>SCH 40</td><td>-</td><td>3.2</td></tr> <tr> <td>8 - 12</td><td>SCH 30</td><td>-</td><td>3.2</td></tr> <tr> <td>13 - 29</td><td>SCH STD</td><td>9.5</td><td>4.8</td></tr> <tr> <td>30 - 39</td><td>-</td><td>11.1</td><td>6.4</td></tr> <tr> <td>40 - 60</td><td>-</td><td>12.7</td><td>7.9</td></tr> <tr> <td>61 - 80</td><td>-</td><td>12.7</td><td>7.9</td></tr> <tr> <td>81 - 100</td><td>-</td><td>12.7</td><td>9.5</td></tr> </table>	동체 지름 (in)	최소 두께(mm)			탄소강		합금강	파이프	평판	6	SCH 40	-	3.2	8 - 12	SCH 30	-	3.2	13 - 29	SCH STD	9.5	4.8	30 - 39	-	11.1	6.4	40 - 60	-	12.7	7.9	61 - 80	-	12.7	7.9	81 - 100	-	12.7	9.5	<table border="1"> <tr> <th rowspan="3">동체 지름 (in)</th><th colspan="3">최소 두께(mm)</th></tr> <tr> <th colspan="2">탄소강</th><th rowspan="2">합금강</th></tr> <tr> <th>파이프</th><th>평판</th></tr> <tr> <td>6</td><td>SCH 40</td><td>-</td><td>3.2</td></tr> <tr> <td>8 - 12</td><td>SCH 30</td><td>-</td><td>3.2</td></tr> <tr> <td>13 - 23</td><td>SCH 20</td><td>7.9</td><td>3.2</td></tr> <tr> <td>24 - 29</td><td>-</td><td>7.9</td><td>4.8</td></tr> <tr> <td>30 - 39</td><td>-</td><td>9.5</td><td>6.4</td></tr> <tr> <td>40 - 60</td><td>-</td><td>11.1</td><td>6.4</td></tr> <tr> <td>61 - 80</td><td>-</td><td>12.7</td><td>7.9</td></tr> <tr> <td>81 - 100</td><td>-</td><td>12.7</td><td>9.5</td></tr> </table>	동체 지름 (in)	최소 두께(mm)			탄소강		합금강	파이프	평판	6	SCH 40	-	3.2	8 - 12	SCH 30	-	3.2	13 - 23	SCH 20	7.9	3.2	24 - 29	-	7.9	4.8	30 - 39	-	9.5	6.4	40 - 60	-	11.1	6.4	61 - 80	-	12.7	7.9	81 - 100	-	12.7	9.5	C형과 동일
동체 지름 (in)	최소 두께(mm)																																																																																
	탄소강		합금강																																																																														
	파이프	평판																																																																															
6	SCH 40	-	3.2																																																																														
8 - 12	SCH 30	-	3.2																																																																														
13 - 29	SCH STD	9.5	4.8																																																																														
30 - 39	-	11.1	6.4																																																																														
40 - 60	-	12.7	7.9																																																																														
61 - 80	-	12.7	7.9																																																																														
81 - 100	-	12.7	9.5																																																																														
동체 지름 (in)	최소 두께(mm)																																																																																
	탄소강		합금강																																																																														
	파이프	평판																																																																															
6	SCH 40	-	3.2																																																																														
8 - 12	SCH 30	-	3.2																																																																														
13 - 23	SCH 20	7.9	3.2																																																																														
24 - 29	-	7.9	4.8																																																																														
30 - 39	-	9.5	6.4																																																																														
40 - 60	-	11.1	6.4																																																																														
61 - 80	-	12.7	7.9																																																																														
81 - 100	-	12.7	9.5																																																																														
채널 카버 패스 칸막이 홈파기(9.22)	4.8 mm 깊이 홈파기	설계압력이 2.068 MPa를 초과하는 경우에 한하여 4.8 mm 깊이 홈파기 또는 기타 적절한 조치 실시	C형과 동일																																																																														
파이프 탭 연결(10.3)	6,000 lb 이상의 표준 커플링 사용 (단, 모든 연결 부위는 ASME B13.1에 의함)	3,000 lb 이상의 표준 커플링 사용	C형과 동일 (단, 모든 연결 부위는 ASME B13.1에 의함)																																																																														
압력계 연결(10.32)	2" NPS 이상되는 플랜지 노즐에 최소 ¾" 연결 노즐 설치	구매자가 결정	2" NPS 이상되는 플랜지 노즐에 최소 ½" 연결 노즐 설치																																																																														
온도계 연결(10.33)	4" 이상 되는 플랜지 노즐에 최소 1" 연결 노즐 설치	구매자가 결정	R형과 동일																																																																														
열교환기의 복층 설치 (10.4)	복층으로 설치된 열교환기의 체결 볼트는 열교환기를 들어 내지 않고 제거 할 수 있어야함	-	R형과 동일																																																																														
볼트의 최소 지름(11.1)	M20 이상	M12 이상	M16 이상																																																																														

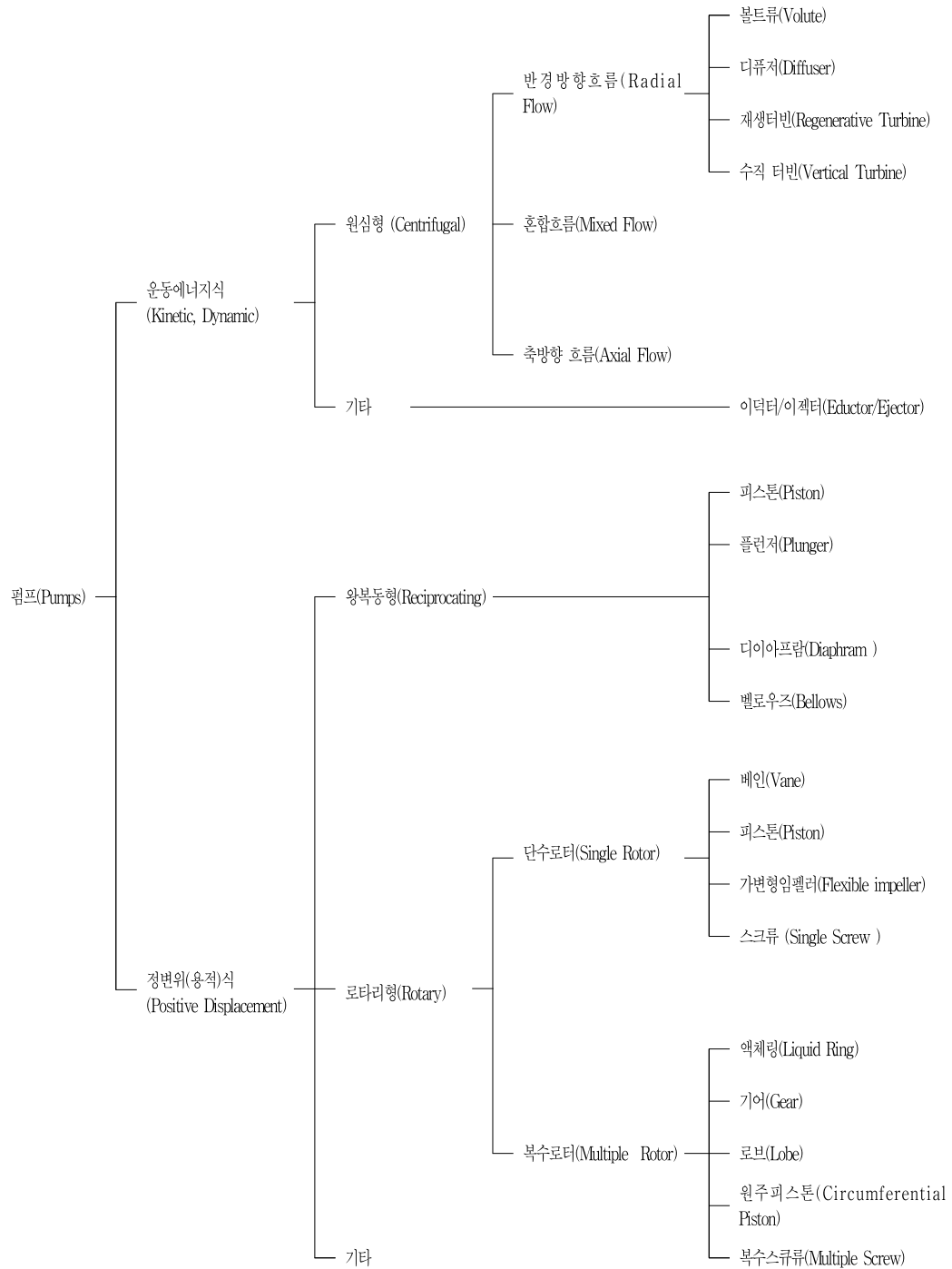
<별지그림 1>

열교환기의 형태

	전면헤드의 형태		동체의 형태		후면헤드의 형태
A	 채널 및 뚜껑 분리형	E	 1패스형	L	 고정관판형(채널·뚜껑분리식)
B	 본넷(뚜껑 일체)형	F	 2패스형	M	 고정관판형(뚜껑일체식)
C	 관판일체형(관다발 분리식)	G	 흐름분리형	N	 고정관판형(관판일체식)
N	 관판일체형(관다발비분리식)	H	 2중 흐름분리형	P	 유동관판형(외측조임식)
D	 고압용 특수형	J	 분할흐름형	S	 유동관판형(플랜지식)
		K	 케틀형재비기	T	 유동관판형(인출식)
		X	 교차흐름형	U	 U관다발형
				W	 유동관판형(외부밀봉식)

<별지그림 2>

펌프 계통도



<별지그림 3>

압축기 계통도

