

KOSHA GUIDE

P - 159 - 2017

# 산소 및 불활성 기체의 대기벤트 설계에 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 154/16, “Safe location of oxygen and inert gas vents”, 2016
- AIGA 067/17, “Safe location of oxygen and inert gas vent”, 2017
- KOSHA GUIDE P-32-2012, “산소 공급설비의 안전기술지침”
- KOSHA GUIDE P-102-2013, “사고피해예측기법에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE P-121-2012, “공기 분리설비의 안전설계 및 운영에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE P-138-2013, “산소 과잉 분위기의 화재 위험성 및 방지대책에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE P-150-2015, “유해위험공간의 안전에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE H-80-2012, “밀폐공간 보건작업 프로그램 시행에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE X-68-2015, “밀폐공간 위험관리에 관한 기술지침”

○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 ([www.kosha.or.kr](http://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

## 산소 및 불활성 기체의 대기벤트 설계에 관한 기술지침

### 1. 목적

이 지침은 대기 배출이 가능한 산소 및 불활성 기체의 대기벤트 배출시 과압과 산소 과잉 및 불활성 기체에 의한 산소 결핍에 대한 안전을 확보하는데 필요한 사항을 제시하는데 그 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

이 지침은 작업자가 상시 접근이 가능한 산소 또는 아르곤, 질소 등 불활성 기체의 대기 배출 벤트를 설계하는 모든 사업장에 적용한다. 다만, 인화성 가스, 독성 가스 등의 배출에 대한 사항은 적용하지 않는다.

### 3. 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “산소 과잉”이라 함은 공기 중 산소 농도가 부피 기준으로 23.5% 이상인 상태를 말한다.

(나) “산소 결핍”이라 함은 공기 중 산소 농도가 부피 기준으로 18% 미만인 상태를 말한다.

(다) “불활성 기체”라 함은 아르곤, 질소 등 정상 온도와 압력에서 다른 물질들과 반응을 하지 않는 기체로 일반적으로 질소 또는 아르곤을 말한다. 이외 헬륨 등은 별도로 검토해야 한다.

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

## 4. 일반 사항

### 4.1 산소 과잉 또는 산소 결핍 위험성

- (1) 산소는 조연성 기체로 과잉시 연소 가능성을 높일 수 있으므로 관련하여 KOSHA GUIDE P-138“산소 과잉 분위기의 화재 위험성 및 방지대책에 관한 기술지침” 4항을 참조하도록 한다.
- (2) 산소는 생명 유지에 필수적인 기체로, 불활성 기체의 농도가 높을시 산소 결핍 분위기로 인해 옥외 지역이여도 주변에 상주하는 인력에 대한 질식 위험성이 있다.

### 4.2 벤트 설계시 고려사항

- (1) 벤트 위치 설정시에는 다음 사항을 고려해야 한다.
  - (가) 배출되는 기체 농도와 이에 따른 산소 과잉 또는 산소 결핍 가능성
  - (나) 벤트 배출 빈도
  - (다) 기체 배출시 영향을 줄 수 있는 외부 환경 (주변 설비 위치, 작업자 접근 범위와 해당 지역의 주요한 바람 방향 등)
  - (라) 사업장 내/외부에 영향을 받을 수 있는 인력의 상주 시설(산업시설, 공공시설, 도심 및 교외 등) 및 필요시 일반 취약계층
- (2) 배출되는 기체는 다음 조건을 파악해야 한다.
  - (가) 벤트에서 배출되는 기체 유속
  - (나) 벤트에서 배출되는 기체 유량
  - (다) 벤트에서 배출되는 기체의 최종 온도
  - (라) 벤트에서 배출시 기체의 최초 농도
- (3) 기체의 대기 배출시 발생 가능한 위험성은 다음과 같다.
  - (가) 질식 (질소, 아르곤)
  - (나) 화재 (산소)

(다) 저온 및 가시성 하탁(초저온 기체와 액체)에 의한 인체 저온화상 및 2차 재해로  
교통사고 등 유발

(라) 고온 기체 (예. 압축기 열교환기의 고온 가스 배출)에 의한 인체 화상 및 설비  
열화 현상 발생

(4) 기체의 대기 배출 빈도는 다음과 같이 구분한다.

(가) 정상운전 중 연속 배출

(나) 정상 운전 중 간헐적 배출

(다) 공정 시운전/공정 초기 가동시/공정 중지 조건하에 배출

(라) 공정 시험 운전 중 배출

(마) 비상 고압력시 배출

(바) 비상 감압시 배출

(5) 기체 배출시 외부 환경은 다음과 같이 구분한다.

(가) 허용 가능한 소음

(나) 배출시 가시도

(다) 해당 지역 환경 민원

(6) 사업장 내/외부 상주하는 인력에 대한 영향은 다음과 같이 고려할 수 있다.

(가) 사업장 내 무인 공정은 대기 배출시 작업자 상주에 대한 정확한 확인이 어려우  
므로 유인 공정과 동일하게 적용한다.

(나) 사업장 외부나 벤트가 위치한 수요처 작업장에 확산시 주변 상주 인력을 고려  
해야 한다.

#### 4.3 벤트 설치시 고려사항

(1) 벤트된 기체가 공정 유체 유입구, 건축물 그리고 공조시설 내로 재 유입되는 것은  
반드시 피해야 한다.

(2) 산소 과잉이나 산소 결핍을 방지할 수 있는 조치가 반영되지 않는 한 실내나 건축  
물 내부로 벤트가 바로 배출되지 않도록 반드시 외부로 배출시켜야 한다.

- (3) 산소 과잉이나 산소 결핍 위험성이 제어되지 않으면 작업자 상주나 접근이 가능한 지역에는 벤트를 설치해서는 안 된다.
- (4) 산소 벤트와 인화성 가스 벤트간 이격거리는 연소 가능성을 제거하기 위해 검토해야 한다.
- (5) 산소 벤트와 해당 인근 지역의 플레어 시스템의 이격거리는 화재 가능성을 검토해야 한다.
- (6) 초저온 기체 벤트는 기체 응결에 의한 연무, 동결 및 배관이나 밸브 막힘, 구조물 및 설비의 저온 취성 가능성을 고려하여 설치 위치를 검토해야 한다.
- (7) 수직 벤트가 가장 선호되지만, 주위의 설비와 구조물로 바로 벤트되는 것을 피하기 위해 일정 각도로 벤트 팁 방향을 조정하여 설치할 수도 있다.
- (8) 기본적으로 산소, 질소, 아르곤은 각 압력, 온도, 벤트 지름에 따라 벤트 유속이 1m/s 이상에서는 [부록 1]에 따라 벤트 높이와 수평 거리를 적용할 수 있으며, 이 경우 별도의 벤트 설계를 위한 대기확산 모델링은 수행하지 않는다.
- (9) [부록 1]은 상용 대기확산 모델링 소프트웨어를 사용하여 최소 배출 유속을 기준으로 높이와 수평거리를 산정한 것으로 벤트 높이와 수평 안전거리를 간편하게 결정할 수 있으며, 일반적으로 추가적인 계산 없이 적용한다.
- (10) 과압에 의한 인체 상해나 설비 손상을 방지하기 위하여 고압 비연속성 벤트 (예. 안전밸브 벤트)는 플랫폼, 사다리, 작업자가 접근 가능한 지점이나 운전 설비에 직접 배출되지 않도록 한다.
- (11) 벤트(특히 고압 벤트)는 대기확산 영향 외에 소음 문제를 발생시킬 수 있다. 따라서, 벤트 위치와 벤트 방향은 소음 관련 환경과 인근 작업자에게 영향을 줄 수 있는 산업보건 영향도 같이 검토해야 한다.
- (12) 만일 벤트에서 배출시 벤트에 인접한 높은 구조물이나 건축물로 인해 간섭 효과가 발생할 경우에는 전산유체역학(Computational fluid dynamic, CFD)으로 평가하여 실시하는 것을 권고한다. 구조물이나 건축물이 벤트에 인접할 경우에는 일반 상용 대기확산 모델링으로는 적절한 결과를 도출하지 못할 수 있다.
- (13) 기타 고려사항
  - (가) 간헐적으로 산소 과잉이나 산소 결핍이 가능한 지역에는 관련 경고 표지판을 해당 접근 가능한 사다리와 장소에 설치해야 하며, 이러한 장소에 출입하는 작

업자는 산소 과잉, 산소 결핍 환경을 반영하여 가스검지기를 착용할 수 있다.

(나) 연속적 또는 대용량 공정 벤트는 산소와 불활성 기체 종류에 따라 각 가지배관에서 공동배관으로 연결되어 같이 배출될 수 있다. 이 경우 공동 배관은 연결된 모든 가지 배관의 벤트가 동시에 작동되는 것은 고려하지 않을 수 있으며 독립적으로 가지배관 결과 중 최악의 결과만 고려한다.

## 5. 벤트 설계 및 설치

### 5.1 설계 개요

기본적으로 <표 1>에 따라 조건을 구분하여 별도의 설계 없이 [부록 1]을 적용하여 벤트를 설치한다.

(가) [부록 1]은 기본 대기 조건에서 벤트 높이와 수평 안전거리를 결정한 것이다. 온도, 벤트 지름, 산소, 질소, 아르곤 종류에 따라 계산된 것으로 대부분의 벤트에 적용할 수 있다.

(나) 벤트 높이는 항상 최소 3m 이상이 되어야 한다, 이것은 인체를 2m 로 가정시 1m의 안전 여유도를 포함한 값이다.

(다) <표 1> 은 부록 1 의 상온과 저온 구분을 표기한 값이며, 10℃는 일반적인 공기분리 설비의 상온 공급 가스 온도이다.

<표 1> 물질별 온도 구분

물질	온도
산소(상온)	10℃
산소(저온)	-183.0℃
질소(상온)	10℃
질소(저온)	-195.6℃
아르곤(상온)	10℃
아르곤(저온)	-185.9℃

(라) 저압과 고압 벤트는 <표 2>와 같이 구분한다.

&lt;표 2&gt; 벤트별 유속 구분

벤트 성상	속도
저압 기체(산소, 질소, 아르곤)	20 <sup>1)</sup> m/s
저압 기체(산소, 질소, 아르곤)	10m/s
고압 산소(상온)	160 <sup>2)</sup> m/s
고압 질소(상온)	171m/s
고압 아르곤(상온)	160m/s
고압 산소(저온)	90m/s
고압 질소(저온)	89m/s
고압 아르곤(저온)	85m/s
<sup>1)</sup> 20m/s은 소음 제거를 위해 설계시 요구되는 벤트 소음기를 설치한 상태에서 유속으로 대기 배출시 대표값이다. <sup>2)</sup> 0.5 마하 벤트 속도로 안전밸브 방출시 가능한 대표값이다. 대기로 배출되는 기체 성상을 계산한 것이다.	

(마) 기본적으로 [부록 1]을 적용하지만, 유속이 30m/s 이하 저압 기체에는 대기확산 모델링을 실시하는 것도 권고한다. 벤트 유속은 벤트 높이를 결정하는데 가장 중요한 인자로 [부록 1] 에는 저속으로 반영되었다.

(바) [부록 1]을 계산한 상용 대기확산 모델링은 기체 유속이 1m/s 미만에서는 정확도가 낮으므로, 1m/s 미만 유속에서는 전산유체역학 모델링을 적용하는 것이 적절하다.

## 5.2 대기확산 모델링 검토

산소, 질소, 아르곤 이외 다른 기체나 [부록 1]에 의한 결정된 벤트 위치나 높이가 벤트 주변 작업자 접근 지역이나 설비에 영향을 줄 것으로 정성적으로 판단된다면 대기확산 모델링을 통해 공정 상세 조건을 고려하여 산정할 수 있다.

(1) 기체가 대기 배출시에는 공기와 혼합되면서 희석된다. 따라서 다음과 같은 인자를 고려하여 공정 배출 시나리오에 따라 KOSHA GUIDE P-102“사고피해예측기법에 관한 기술지침”에 따라 수행해야 한다.

(가) 기체성상

(나) 배출 유량 및 속도

(다) 기후조건



(라) 지형조건

(마) 공정 배출 시나리오

(바) 연속/비연속 배출

(사) 안전밸브 방출시 유체의 높은 모멘텀

(아) 저압 감압 밸브에 의한 유체의 낮은 모멘텀

(2) 기체 배출시 온도는 상온보다 높거나 (예. 고압 기체), 낮은 경우에는 초저온 기체 (예. 초저온 탱크 벤트 등)까지 포함하면서 넓은 온도 범위를 가지게 된다.

(3) 배출각도

모든 기체 벤트 방향은 수평부터 수직, 45도로 변경하면서 검토해야 한다.

(4) 배출유속

(가) 벤트 시스템은 상온과 저온, 그리고 저압과 고압으로 구분된다.

(나) 저압 벤트는 일반적으로 연속 또는 간헐적인 공정 벤트로 소음기가 일반적으로 설치되어 있다.

(다) 고압 벤트는 안전밸브 또는 소음기가 설치되지 않은 높은 압력을 가진 벤트로 압력 저감 장치가 설치되지 않은 것이다.

(5) 관심 농도

(가) 산소 과잉과 산소 결핍을 기준으로 산소 농도가 23.5%와 18%로 선정하지만, 대기확산 모델링시 공기 중의 산소 농도는 포함되지 않은 것으로 실제 대기 내 존재하는 산소 농도를 반영하여 재산정하는 것이 필요할 수 있다.

(나) 대기확산 모델링시 관심 농도 설정은 <표 3>에 따라 대기 중 관심 농도를 적용한다.

<표 3> 대기 중 산소 관심 농도

산소 농도	대기 중 관심 농도
25% 산소	대기 중 0.05123
23.5% 산소	대기 중 0.03226
19.5% 산소	대기 중 0.07140
18% 산소	대기 중 0.14286
17% 산소	대기 중 0.19048

### 5.3 기체 확산시 기후조건

- (1) 일반적으로 최악의 기후 조건으로 벤트 설계 및 계산 결과를 고려하며, 고속 벤트 보다는 저속 벤트가 기후 영향을 더 받을 수 있다.
- (2) 기후 조건에 의한 영향을 최소화하고, 희석 효과를 높이기 위해서는 최대한 가능한 벤트 유속을 기준으로 계산하는 것이 적절하다.
- (3) 해당 지역 기후 조건을 정확하게 반영하는 것이 가장 적절하지만, 높은 벤트 유속이나 일정 배출 각도에서는 기후 조건이 큰 영향을 주지 못할 수 있다.
- (4) 최악의 기후 조건은 다음과 같다.
  - (가) 고온
  - (나) 안정적 대기 상태
  - (다) 저속인 벤트 유속

### 5.4 대기확산 모델링의 한계 조건은 다음과 같다.

- (1) 모든 대기확산 모델링은 연속 배출을 기본으로 한다.
- (2) 장애물(건축물, 구조물 등)은 모델링에 고려되지는 않는다.
- (3) 모델링 결과는 바람 방향으로만 검토되며, 역방향은 고려되지 않는다.
- (4) 초저온 기체에 의한 연무와 같은 시각적인 확산은 고려되지 않는다.

## 6. 초저온 액체 배출

6.1 초저온 액체( $-150^{\circ}\text{C}$  이하로 액상인 물질) 배관의 벤트 배출은 액상으로 누출되지만, 상온에서 순간적으로 2상(액체, 기체)으로 상변화하거나 바로 기화되므로 대기 벤트로 규정될 수 있다.

6.2 초저온 액체에 의한 인체 상해와 설비 손상을 최소화하기 위해 초저온 액체의 벤트 배출은 제한되거나 일정 구역으로만 한정되어 배출되어야 하며, 소형 벤트, 드레인 등은 캐치 트레이나 안전한 장소로 포집되어 기화될 수 있도록

한다.

- 6.3 공동 배관 (Header)으로 연결될 경우에는 초저온 액체가 공동 배관에서 역류하면서 관련 밸브들을 동결시켜 배관 내에 과압이 발생할 수 있으므로 이를 제어할 수 있도록 설계해야 한다.
- 6.4 초저온 액체 안전밸브는 공정 이상 조건에서 소량으로 단시간 동안 외부로 배출될시 안전밸브가 닫히지 않고, 동결되면서 계속해서 초저온 액체가 배출될 수 있으므로 주의해야 한다.

**[부록 1] 벤트 높이 및 수직&수평거리 산정표****1. 적용 조건**

[부록 1]은 기존 사업장에는 적용하지 않으며, 신규 설치나 설비 개선시 적용할 수 있다. 또한, 만일 기체 속도가 각 표에서 정의한 속도 이상이나 이하로 운전될 경우에는 적용할 수 없다. 실제 벤트 속도가 표 이외인 경우에는 상용 대기확산 모델링을 프로그램을 적용하여 산정해야 한다. 해당 부록은 EIGA IGC154/16 Safe location of oxygen and inert gas vent Appendix A~F를 참조한다.

**2. 적용 예시**

‘10℃ 온도의 산소가 170m/s으로 벤트 지름 100mm 수직 배관을 통해 배출’될 경우에는 <표 1>과 <표 2>에 따라 상온 고속 및 고압 산소 벤트로 구분되어 <부록~표 1>에 따라 23.5% 산소 농도 기준으로 벤트 높이는 지면에서 최소 4m, 벤트로부터 주변 작업자 접근 지역 (플랫폼 등)까지 수평 거리로 18m 이상 이격해야 한다. 또한 벤트 상부에는 최소 8m 이상 수직으로 장애물이 있어서는 안된다.

**2.1 상온 고압 산소 벤트****<표 1> 상온 고속 및 고압 산소 수평 벤트**

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)		최소 수직높이(m)	
	23.5% 산소	25% 산소	23.5% 산소	25% 산소
25	5	3	3	3
50	10	6	3	3
80	13	9	4	3
100	18	12	4	4
150	25	17	4	4
200	36	22	4	4
250	43	25	5	4
300	49	32	5	5
400	67	43	6	5

&lt;표 2&gt; 상온 고속 및 고압 산소 수직 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)		최소 수직높이(m)		벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)	
	23.5% 산소	25% 산소	23.5% 산소	25% 산소	23.5% 산소	25% 산소
25	5	3	3	3	2	2
50	10	6	3	3	5	3
80	13	9	4	3	7	5
100	18	12	4	4	8	7
150	25	17	4	4	13	11
200	36	22	4	4	17	13
250	43	25	5	4	23	17
300	49	32	5	5	25	21
400	67	43	6	5	35	25

&lt;표 3&gt; 상온 고속 및 고압 산소의 일정 각도로 구부러진 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)		최소 수직높이(m)		벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)	
	23.5% 산소	25% 산소	23.5% 산소	25% 산소	23.5% 산소	25% 산소
25	2	1	3	3	2	2
50	4	3	3	3	4	3
80	6	5	3	3	5	4
100	9	6	3	3	7	5
150	12	9	3	3	10	8
200	17	11	3	3	15	10
250	19	15	3	3	16	13
300	24	17	3	3	20	15
400	34	22	3	3	28	19

## 2.2 저온 고압 산소 벤트

<표 4> 저온 고속 및 고압 산소 수평 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)		최소 수직높이(m)	
	23.5% 산소	25% 산소	23.5% 산소	25% 산소
25	9	6	3	3
50	16	11	4	3
80	23	16	5	4
100	29	20	6	4
150	39	29	8	6
200	50	38	11	7
250	62	46	15	9
300	70	55	18	10
400	88	70	24	16

<표 5> 저온 고속 및 고압 산소 수직 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)		최소 수직높이(m)		벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)	
	23.5% 산소	25% 산소	23.5% 산소	25% 산소	23.5% 산소	25% 산소
25	1	1	3	3	2	2
50	2	1	3	3	5	3
80	3	2	3	3	7	5
100	4	2	3	3	8	7
150	6	4	3	3	13	11
200	8	5	3	3	17	13
250	10	6	3	3	23	17
300	12	7	3	3	25	21
400	18	9	3	3	35	25

<표 6> 저온 고속 및 고압 산소의 일정 각도로 구부러진 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리(m)		최소 수직높이(m)		벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)	
	23.5% 산소	25% 산소	23.5% 산소	25% 산소	23.5% 산소	25% 산소
25	4	3	3	3	3	2
50	8	6	3	3	6	5
80	12	8	3	3	9	7
100	16	11	3	3	11	9
150	25	17	3	3	16	13
200	37	24	3	3	21	17
250	49	30	3	3	25	21
300	58	37	3	3	28	24
400	76	53	3	3	34	31

### 2.3 상온 고압 질소 벤트

<표 7> 상온 고속 및 고압 질소 수평 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	3	1	1	4	4	4
50	5	2	2	4	4	4
80	6	3	3	4	4	4
100	9	4	3	4	4	4
150	12	6	5	4	4	4
200	17	8	6	4	4	4
250	21	10	7	4	4	4
300	24	11	8	4	4	4
400	33	15	11	5	4	4

&lt;표 8&gt; 상온 고속 및 고압 질소 수직 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)			벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	1	1	1	3	3	3	2	1	1
50	1	1	1	3	3	3	3	2	1
80	1	1	1	3	3	3	4	3	2
100	1	1	1	3	3	3	6	3	3
150	1	1	1	3	3	3	8	5	3
200	1	1	1	3	3	3	11	6	5
250	2	1	1	3	3	3	12	7	6
300	2	1	1	3	3	3	16	9	6
400	3	1	1	3	3	3	22	11	9

&lt;표 9&gt; 상온 고속 및 고압 질소의 일정 각도로 구부러진 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)			벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	1	1	1	3	3	3	1	1	1
50	2	1	1	3	3	3	2	1	1
80	4	2	1	3	3	3	3	2	1
100	5	2	2	3	3	3	4	2	2
150	7	4	2	3	3	3	7	4	2
200	9	4	3	3	3	3	8	4	3
250	11	6	4	3	3	3	10	6	4
300	14	7	5	3	3	3	13	7	5
400	18	9	7	3	3	3	16	8	7



## 2.4 저온 고압 질소 벤트

&lt;표 10&gt; 저온 고속 및 고압 질소 수평 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	5	3	2	4	4	4
50	10	5	4	4	4	4
80	14	8	6	4	4	4
100	18	10	8	4	4	4
150	26	15	12	4	4	4
200	33	19	16	6	4	4
250	40	24	20	7	4	4
300	47	29	22	7	5	4
400	60	38	30	10	5	5

&lt;표 11&gt; 저온 고속 및 고압 질소 수직 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)			벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	1	1	1	3	3	3	3	2	2
50	1	1	1	3	3	3	6	4	3
80	2	1	1	3	3	3	8	5	4
100	2	1	1	3	3	3	10	7	6
150	3	1	1	3	3	3	16	10	9
200	3	2	1	3	3	3	20	15	11
250	5	2	1	3	3	3	25	16	14
300	5	2	2	3	3	3	30	20	17
400	7	3	2	3	3	3	40	26	23

<표 12> 저온 고속 및 고압 질소의 일정 각도로 구부러진 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)			벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	2	2	1	3	3	3	2	1	1
50	5	3	2	3	3	3	4	3	2
80	7	5	3	3	3	3	6	4	3
100	10	6	5	3	3	3	8	5	4
150	14	8	7	3	3	3	12	8	7
200	21	12	9	3	3	3	16	10	9
250	26	15	11	3	3	3	20	12	10
300	30	17	14	3	3	3	24	15	12
400	42	24	18	3	3	3	30	20	16

## 2.5 상온 고압 아르곤 벤트

<표 13> 상온 고속 및 고압 아르곤 수평 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	2	1	1	3	3	3
50	4	2	1	3	3	3
80	6	3	2	3	3	3
100	7	3	3	3	3	3
150	11	5	4	3	3	3
200	14	7	5	4	3	3

<표 14> 상온 고속 및 고압 아르곤 수직 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)			벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	1	1	1	3	3	3	1	1	1
50	1	1	1	3	3	3	3	2	1
80	1	1	1	3	3	3	4	2	2
100	1	1	1	3	3	3	5	3	2
150	1	1	1	3	3	3	8	4	3
200	1	1	1	3	3	3	10	5	4

<표 15> 상온 고속 및 고압 아르곤의 일정 각도로 구부러진 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)			벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	1	1	1	3	3	3	1	1	1
50	2	1	1	3	3	3	2	1	1
80	3	2	1	3	3	3	3	2	1
100	4	2	2	3	3	3	4	2	2
150	6	3	2	3	3	3	6	3	2
200	8	4	3	3	3	3	8	4	3

## 2.6 저온 고압 아르곤 벤트

<표 16> 저온 고속 및 고압 아르곤 수평 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	4	2	2	3	3	3
50	8	4	3	3	3	3
80	11	6	5	3	3	3
100	15	8	7	4	3	3
150	21	12	10	4	3	3
200	28	17	13	5	4	3

&lt;표 17&gt; 저온 고속 및 고압 아르곤 수직 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)			벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	1	1	1	3	3	3	2	2	1
50	1	1	1	3	3	3	5	3	2
80	1	1	1	3	3	3	7	4	4
100	1	1	1	3	3	3	9	6	5
150	2	1	1	3	3	3	14	9	7
200	2	1	1	3	3	3	18	12	10

&lt;표 18&gt; 저온 고속 및 고압 아르곤의 일정 각도로 구부러진 벤트

벤트 지름 (mm)	수평 이격거리 (m)			최소 수직높이(m)			벤트 상부 최소 수직 이격거리(m)		
	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소	19.5% 산소	18% 산소	17% 산소
25	2	1	1	3	3	3	2	1	1
50	4	3	2	3	3	3	4	2	2
80	6	4	3	3	3	3	5	3	3
100	9	5	4	3	3	3	7	5	4
150	12	8	6	3	3	3	11	7	6
200	17	10	8	3	3	3	14	9	8