

KOSHA GUIDE

D - 1 -2012

미압 배관에서의 폭연 벤팅 설치에 관한 기술지침

2012. 7

한 국 산 업 안 전 보 건 공 단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 서울산업대학교 안전공학과 이영순 교수

○ 개정자 : 이 정 석

○ 제 · 개정 경과

- 2009년 8월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- NFPA 68 「Venting of Deflagrations」
- KOSHA CODE D-29-1998 「가스 및 증기상의 화재·폭발 위험성이 있는 설비의 설계지침」

○ 관련법규

- 산업안전보건법 동법 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 76조(배기의 처리) 및 제 267조(배출물질의 처리)
- 대기환경보전법 및 위험물안전관리법 등

○ 적용 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

미압 배관에서의 폭연 벤팅 설치에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 벤트 배관 내 인화성 증기 및 가스로 인한 폭연으로 배관이 손상되는 것을 최소화하기 위하여 관련 장치와 시스템의 폭연 벤트 기준에 대한 기술지침을 정하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

(1) 이 지침은 사용압력 20 kPa (3 psig) 이하에서 사용하는 배관 설비에 적용한다. 다만, 다음의 경우에는 적용하지 않는다.

- (가) 폭굉, 다량 가스의 자연발화, 증기운 폭발과 같은 무한범위의 폭연
- (나) 외부화재 시 내부압력 상승에 대비하여 안전장치가 설치된 저장용기
- (다) 발열 폭주반응 또는 자기분해 폭주반응에 대비한 비상벤트
- (라) 압력용기에 설치된 압력방출장치
- (마) 벤트 배출 덕트

3. 정 의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (가) “폭연”이라 함은 연소에 의한 폭발 충격파가 미반응 매질 속에서 음속이하의 속도로 이동하는 폭발현상을 말한다.
- (나) “폭굉”이라 함은 연소에 의한 폭발 충격파가 미반응 매질 속에서 음속보다 빠른 속도로 이동하는 폭발현상을 말한다.

- (다) “가연성분진”이라 함은 직경 $420\mu\text{m}$ 이하인 미세한 분말상의 물질로서 적절한 비율로 공기와 혼합되면 점화원에 의하여 폭발할 위험성이 있는 물질을 말한다.
- (라) “연소한계(Flammable Limit)”라 함은 가스 등의 농도가 일정한 범위 내에 있을 때 폭발현상이 일어나는데, 그 농도가 지나치게 낮거나 지나치게 높지 않아 폭발이 일어날 수 있는 농도 범위를 폭발한계라 말한다.
- (마) “연소하한계(Lower explosive limit, LEL)”라 함은 가스 등이 공기 중에서 점화원에 의해 착화되어 화염이 전파되는 가스 등의 최소농도를 말한다.
- (바) “연소상한계(Upper explosive limit, UEL)”라 함은 가스 등이 공기 중에서 점화원에 의해 착화되어 화염이 전파되는 가스 등의 최대농도를 말한다.
- (사) “폭발최소 산소농도”라 함은 밀폐된 설비 등에서 분진폭발이 일어나지 않는 최대 산소 농도를 말한다.
- (아) “혼성혼합물(Hybrid Mixture)”이라 함은 인화성가스와 인화성 분진, 인화성 미스트의 혼합물을 말한다.
- (자) “최대 압력(Maximum Pressure)”이라 함은 최적 혼합물에 대해서 폭연공간에서 생성되는 최대압력을 말한다.
- (차) “최대 벤트압력(Pred, Reduced Pressure)”이라 함은 폭연 시 배출되는 밀폐공간에서 발생된 최대압력으로, 밀폐공간의 가장 약한 구조부분이 견딜 수 있는 최대압력을 말한다.
- (카) “분진 폭연지수(Kst)”이라 함은 어떤 부피의 용기에서 분진이 폭발할 때, 발생하는 최대폭발압력상승속도에 분진부피의 세제곱근을 곱하여 얻어지는 수치로 분진의 폭발등급을 칭할 때 쓰이는 말이다.
- (2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 설계 시 고려사항

(1) 배관, 덕트, 가늘고 긴 용기들의 폭연 벤트를 설계할 때에는 폭굉으로의 전이를 방지하기 위한 다음 사항을 고려하여야 한다.

(가) 용기의 직경에 대한 길이의 비(L/D)가 가급적이면 5 이상 되지 않도록 한다.

(나) 밸브, 엘보우, 기타 배관부속품 또는 장애물 등 난류를 발생시키어 화염의 가속과 압력의 급격한 상승을 일으킬 수 있는 상황을 가능한 한 줄인다..

(다) 배관 또는 덕트가 부착된 용기내 가연성 혼합물의 농도가 폭연범위로 되지 않도록 한다.

(2) 이 지침에서 제시하는 적절한 벤트를 확보하는 것이 불가능한 경우, 다음의 방법으로 대체할 수 있다.

(가) 폭굉 압력을 견디는 배관 또는 덕트 설계와 상호 연결된 용기를 보호하는 격리장치 또는 폭굉 억제대책 확보

(3) 원형이외의 횡단면을 가진 배관, 덕트 및 가늘고 긴 용기의 경우, 용기의 직경은 $4A/P$ 를 적용한다. 여기서 A는 횡단면적이고, P는 횡단면의 둘레이다.

$$D = 4 \left\{ \frac{A}{P} \right\} \quad (1)$$

여기서, D = 직경

A = 횡단면적

P = 횡단면의 둘레

(4) 각 벤트면적의 합은 덕트 또는 배관의 횡단면적 이상이어야 한다.

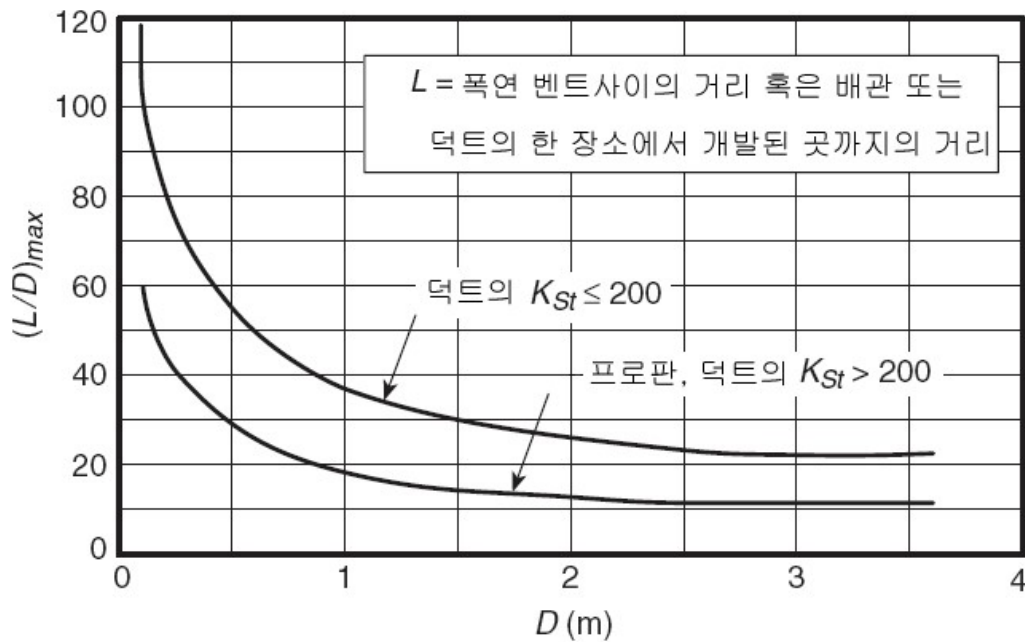
(5) 폭연이 일어날 수 있는 용기에 접속된 배관 또는 덕트에도 폭연 벤팅을 설치할 필요가 있으며, 이 때 폭연벤트는 배관 또는 덕트의 횡단면적과 동일한 벤트면적이 되도록 하고 이의 설치지점은 용기의 접속점으로부터 직경 2배 이하의 거리로 하여야 한다.

- (6) 폭연벤트는 발화원이 예상되는 지점의 가장 가까운 곳에 설치해야 한다.
- (7) 가스를 취급하는 계통의 경우 적절한 시험으로 다르게 나타나지 않는 한, 난류 발생장치가 있는 배관 및 덕트는 직경의 3배 거리에서 장치의 각 면에 폭연벤트를 설치하여야 한다.
- (8) 폭연벤트 폐쇄부의 중량은 벤트면적당 0.12 kPa(2.5 lb/ft²)의 압력을 초과하지 않아야 한다.
- (9) 벤트의 개방압력은 작동조건에 부합하도록 가능한 한 최대벤트압력(P_{red})의 설계 값 미만이어야 하지만, 최대벤트압력(P_{red})은 설계 값의 1/2를 초과하지 않아야 한다. 덮개는 자석 또는 스프링으로 고정할 수 있다.
- (10) 폭연벤트는 근로자에게 위험이 미치지 않는 장소로 배출하여야 한다.
- (11) 지지대는 벤팅 시 발생한 압력에 견딜 수 있는 강도를 가져야 한다.

5. 폭연벤트 설치 기준

5.1 한 개의 폭연벤트를 가진 배관

- (1) 폭연벤트를 추가로 설치하지 않은 경우, 한쪽 끝이 막혀있고 다른 쪽 끝에서 배출하는 직선인 배관 및 덕트의 최대허용길이는 <그림 1>에 있는 곡선을 사용하여 결정한다.
- (2) <그림 1>에 있는 것보다 길이/직경(L/D)비율이 크다면 폭굉이 일어날 위험성이 있다.



<그림 1> 직선 배관에 대해 길이 대 직경 비율로 표현된 최대허용길이

(3) 초기속도 2 m/sec 이하인 가스 배관의 폭연 벤트

(가) 초기에 2 m/sec 이하 속도로 흐르는 가스-공기 혼합물의 폭연발생으로 배관 압력이 상승할 경우, 한 개의 폭연벤트를 갖는 배관 내에서 상승하는 압력은 <그림 2>의 곡선을 이용하여 예측한다.

(나) <그림 2>의 곡선은 프로판과 비슷한 성질을 가진 가스 혼합물에 적용할 수 있다.

(다) 곡선에 있는 직경과 다른 직경에 대해서는 곡선을 내삽하여 압력을 예측할 수 있다.

(라) 상승한 압력이 용기의 설계 강도를 초과면 7절에서 기술한 추가 벤트를 확보해야 한다.

(4) 초기속도 2 m/sec 이하인 분진 배관의 폭연 벤트

(가) 초기에 2 m/sec 이하로 유동하는 분진-공기 혼합물이 발화될 경우, 한쪽 끝을 폐쇄하고, 추가 벤트 없이 다른 쪽으로 벤트되는 배관 및 덕트에서

상승한 압력을 예측할 때에는 <그림 3>의 곡선을 이용한다.

(나) 상승한 압력이 용기의 파열 강도를 초과하면 7절에서 기술한 추가 벤트 설치를 고려하여야 한다.

(5) 초기속도 2 m/sec 초과할 때의 폭연 벤트

시스템 유체의 속도가 2 m/sec 초과하여 흐르는 인화성 혼합물이 배관 내에서 발화하거나 화염의 속도가 60 cm/sec를 초과하는 경우, 하나의 단일 폭연 벤트로 적절한 벤팅을 확보하는 것은 불가능하다.

(6) 다음에 해당되는 경우 벤트사이의 거리는 1 ~ 2 m 이하 간격으로 배치해야 한다.

(가) 초기 속도가 20 m/sec 초과하는 가스

(나) 프로판 연소속도의 1.3배 초과하는 가스

(다) 폭연지수 $K_{st} > 300$ 인 분진

각 물질별 연소속도 및 폭연지수는 별첨의 <표 1> 내지 <표 7>을 참조한다.

(7) 난류 발생장치

난류 발생장치가 있는 덕트 또는 배관의 경우 5.66절의 기준에 따라 벤트를 설치해야 한다. 5.2항에서 기술하는 추가 벤트가 필요할 수 있다.

5.2 두 개 이상의 폭연벤트를 가진 배관

(1) 벤트사이의 최대거리는 <그림 1>의 곡선으로 최대허용벤트 간격을 정하여 사용한다.

(2) 초기속도 2~20 m/sec 범위

17 kPa (2.5 psig) 이하로 최대벤트압력(P_{red})를 제한하기 위해 벤트 사이의 거리는 <그림 4>로 결정할 수 있다. <그림 4>는 기본 연소속도 20 m/sec 이하의 가스와 폭연지수(K_{st}) 300인 분진에 적용한다.

(3) 기본 연소속도가 60 cm/sec를 초과하지 않는 기타 가스의 경우, 프로판 이외에 가스는 다음 공식 중 하나를 사용하여 최대압력을 계산한다.

$$P_{red,x} = P_{red,p} \left\{ \frac{S_{u,x}}{S_{u,p}} \right\}^2 \quad (2)$$

$$L_x = L_p \left\{ \frac{S_{u,p}}{S_{u,x}} \right\}^2 \quad (3)$$

여기서, $P_{red,x}$ = 가스의 예상 최고압력(psi)

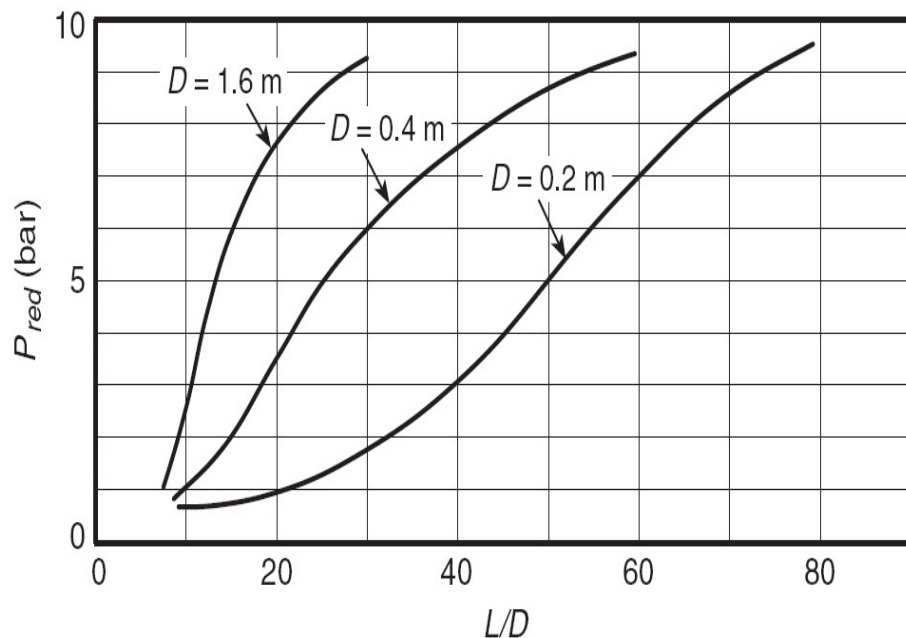
$P_{red,p}$ = 2.5psi - 프로판의 예상 최고압력

L_x = 가스의 벤트사이 거리(m or ft)

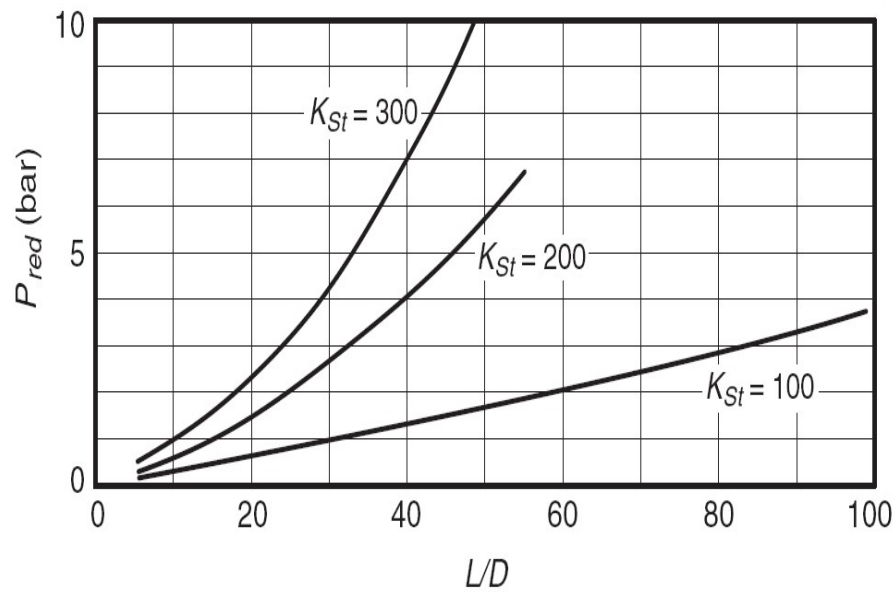
L_p = 프로판의 벤트사이 거리(m or ft)

$S_{u,x}$ = 가스의 기본 연소속도

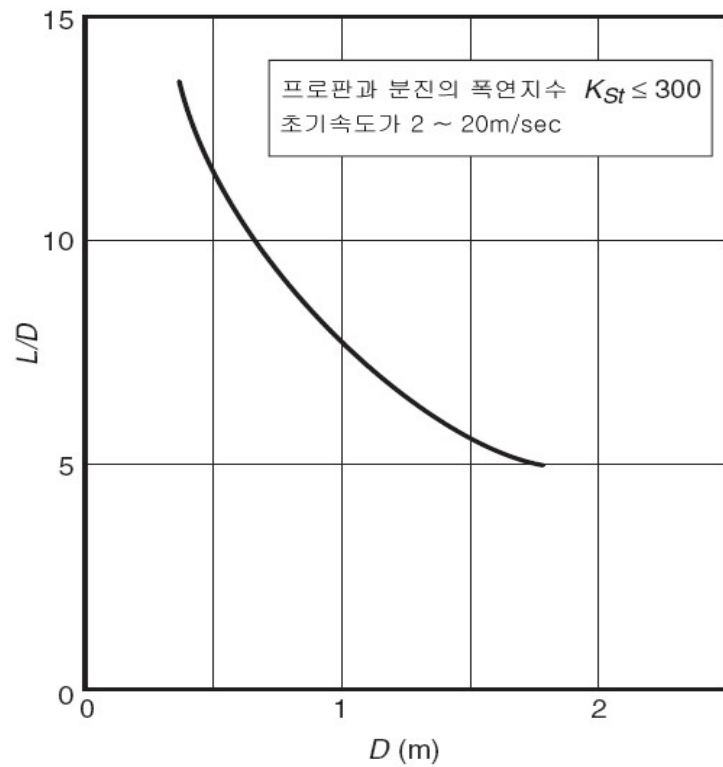
$S_{u,p}$ = 프로판의 기본 연소속도



<그림 2> 한쪽 끝이 폐쇄된 직선 배관에서 2 m/sec 이하의 속도로 흐르는 프로판/공기 혼합물의 폭연 시 상승한 최대 압력



<그림 3> 한쪽 끝이 폐쇄된 직선 배관에서 2 m/sec 이하의 속도로 흐르는 분진-공기 혼합물의 폭연 시 상승한 최대 압력



<그림 4> P_{red} 를 0.2 barG 초과하지 않는데 필요한 벤트 간격

6. 설비 점검 및 관리

- (1) 벤트 폐쇄부는 정기적으로 점검하여야 하며, 부식상태나 침전물의 축적량 증가와 같은 상황발생이 예상될 경우 점검주기 및 횟수를 조정한다.
- (2) 벤트 폐쇄부는 작동에 악영향을 미칠 수 있는 천재지변이나 정비분해(검토) 수리 후 점검을 실시한다.
- (3) 점검 빈도 및 절차를 포함하는 정기점검에 대한 사내규정을 마련하여야 한다.
- (4) 점검 시 발견한 부식, 설비손상 및 기타 결함 등은 즉시 수리하여야 한다.
- (5) 벤트 폐쇄부는 제조자의 권고에 따라 적절한 예방적 유지보수를 하여야 한다.
- (6) 점검일자, 점검결과, 내용의 기록은 최소한 최근 3회의 점검기록을 유지하여야 한다.

<부록>

폭연벤트 계산(예시)

예제1]

폭연지수 K_{st} 가 190인 분진을 취급하는 건조기의 직경 2 m, 길이 20 m이고, 하나의 단일 벤트 설치로 설계하는 경우, 폭연 벤트시의 발생할 수 있는 압력은 어느 정도인가?

계산1]

- (a) 최대 허용 길이 확인 : 건조기의 직경 2 m인 분진의 경우 <그림 1>에 따라 L/D 는 약 25를 적용한다. 해당 건조기의 L/D 는 10이므로 허용 할 수 있다.
- (b) 최대 압력 : <그림 3>에 따라 L/D 는 10인 경우에 상승할 수 있는 압력은 약 0.5 barG 압력이 분진에 의한 폭연으로 설비 내에서 상승할 것이다. 따라서 이 설비의 설계압력은 적어도 0.5 barG 이상의 압력을 가져야 한다.

예제2]

배출가스 소각탑(Flare stack)은 직경 0.4 m, 높이 40 m이고, 바닥에 워터 씰(Water seal)을 설치하는 경우, 프로판과 특성이 비슷한 연료/공기 혼합물의 발화로 상승한 압력으로부터 배출가스 연소탑을 보호하기 위해 설계 압력은 어느 정도이어야 하는가?

계산2]

- (a) 최대 허용길이 확인 : 소각탑(Flare stack)의 직경이 0.4 m인 혼합물의 경우, <그림 1>에서 최대 허용길이 L/D 는 약 28을 적용할 수 있다. 이 소각탑의 L/D 는 100으로 최대 허용길이 28을 초과하므로, 소각탑 설비가 폭굉을 견디도록 설계하거나 다른 수단으로 보호하여야 한다.

예제3]

직경 1 m, 길이 100 m인 직선 덕트를 폭연벤트 설치로 보호할 계획이다.

덕트 내부는 프로판의 특성과 비슷한 탄화수소/공기 혼합물이 들어있으며, 혼합물의 이동속도가 20 m/sec 미만이라면, 덕트의 폭연 압력을 0.017 MPa(2.5 psig)로 제한하기 위해서는 설치하여야 하는 벤트의 벤트간격은 얼마나 필요한가? 단 벤트의 설계압력은 0.05 barG에서 개방되도록 설계하였다.

계산3]

덕트의 직경이 1미터인 경우 벤트의 간격은 <그림 4>에서 L/D는 7.6이므로 벤트 사이의 7.6 m 이하 간격을 유지해야 한다. 이러한 요구사항을 만족하기 위해 벤트는 각 끝에 1개씩 설치하고, 추가로 13개의 벤트를 덕트를 따라 균일한 간격으로 위치하는 것을 권장한다.

예제4]

<그림 5>의 건조기, 집진기 및 덕트 설비 보호를 위한 폭연 벤트를 설치하고자 한다. 설비를 통과하는 가스 유량은 100 m³/hr 이고, 모든 덕트는 직경이 0.6 m이다. 덕트와 설비의 최대허용운전압력은 0.2 barG이고, 설비 내 최대 작동압력은 0.05 barG이다. 설비에서 취급하는 유체는 St-2 등급의 분진을 취급한다. 건조기와 집진기 및 덕트에 적절한 폭연벤트를 설치하시오.

계산4]

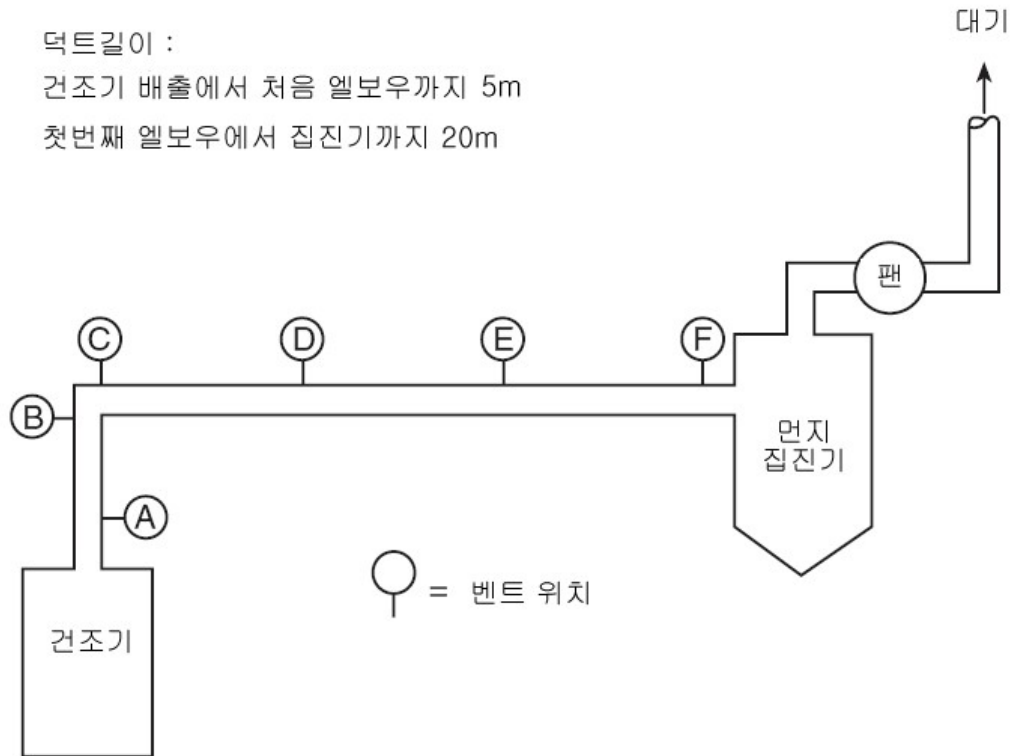
- (a) 5-4항과 5-6항에서 요구하는 대로 건조기 배출구 직경의 2배 이내와, 첫 번째 엘보우 상류 측 직경의 3배 이하 위치에 벤트 A와 B를 각각 설치하고, 직경 3배의 거리에 C를 설치한다.
- (b) 마찬가지로 5-4항에 근거하여 집진기 입구 상류 측 직경의 대략 2배 위치에 벤트 F를 설치하고, 20 m 덕트에 추가 벤팅이 필요하다. 설비를 통과하는 가스 100 m³/min의 유량은 6 m/sec(=100/60sec/π×0.62)의 유속과 같으므로, 이를 <그림 4>에 적용하면 L/D는 11배 이하 또는 약 6.5 m 이하의 벤트 간격이 필요하며, 벤트 C와 F사이 거리는 약 17.2 m이다. 그러므로, 대략 같은 간격으로 2개의 추가 벤트(D 와 E)의 설치가 필요할 것이다.
- (c) 총 벤트면적은 각 벤트 위치에서 적어도 덕트의 횡단면적과 같아야 하며,

이것은 최대벤트압력(P_{red})이 0.2 barG 이하를 의미한다. 5-8항에 따라 벤트 개방압력은 최대벤트압력(P_{red})의 1/2을 초과하지 않도록 설계하여야 하므로, 벤트개방압력은 0.1 barG를 초과하지 않도록 설계하여야 한다.

덕트길이 :

건조기 배출에서 처음 엘보우까지 5m

첫번째 엘보우에서 집진기까지 20m



<그림 5> 예제4 그림

<부록>

<표 1> 선정된 가스와 증기의 기본 연소속도

물질명	연소속도 (Cm/sec)	물질명	연소속도 (Cm/sec)
Acetone	54	Ethyl acetate	38
Acetylene	166*	Ethylene oxide	108
Acrolein	66	Ethylenimine	46
Acrylonitrile	50	Gasoline (100-octane)	40
Allene (propadiene)	87	n-Heptane	46
Benzene	48	Hexadecane	44
,n-butyl-	39	1,5-Hexadiene	52
,tert.obutyl-	39	n-Hexane	46
,1,2-dimethyl-	37	1-Hexene	50
,1,2,4-trimethyl-	39	1-Hexyne	57
1,2-Butadiene (methylallene)	68	3-Hexyne	53
1,3-Butadiene	64	Hydrogen	312 *
,2,3-dimethyl-	52	Isopropyl alcohol	41
,2-methyl-	55	Isopropylamine	31
n-Butane	45	Jet fuel, grade JP-1 (average)	40
2-cyclopropyl-	47	Jet fuel, grade JP-4 (average)	41
2,2-dimethyl-	42	Methane	40*
2,3-dimethyl-	43	diphenyl-	35
2-methyl-	43	Methyl alcohol	56
2,2,3-trimethyl-	42	1,2-Pentadiene (ethylallene)	61
Butanone	42	cis-1,3-Pentadiene	55
1-Butene	51	trans-1,3-Pentadiene (piperylene)	54
2-cyclopropyl-	50	2-methyl-(cis or trans)	46
2,3-dimethyl-	46	1,4-Pentadiene	55
2-ethyl-	46	2,3-Pentadiene	60
2-methyl-	46	n-Pentane,	46
3-methyl-	49	2,2-dimethyl-	41
2,3-dimethyl-2-butene	44	2,3-dimethyl-	43
2-Buten 1-yne (vinylacetylene)	89	2,4-dimethyl-	42
1-Butyne	68	2-methyl-	43
3,3-dimethyl-	56	3-methyl-	43
2-Butyne	61	2,2,4-trimethyl-	41
Carbon disulfide	58	1-Pentene	50
Carbon monoxide	46	2-methyl-	47
Cyclobutane	67	4-methyl-	48
ethyl-	53	cis-2-Pentene	51
isopropyl-	46	1-Pentene	63
methyl-	52	4-methyl-	53
methylene	61	2-Pentyne	61
Cyclohexane	46	4-methyl-	54
methyl-	44	Propane	46*
Cyclopentadiene	46	2-cyclopropyl-	50
Cyclopentane	44	1-deutero-	40
methyl-	42	1-deutero-2-methyl-	40
Cyclopropane	56	2-deutero-2-methyl-	40
cis-1,2-dimethyl-	55	2,2-dimethyl-	39
trans-1,2-dimethyl-	55	2-methyl-	41
ethyl-	56	2-cyclopropyl	53
methyl-	58	2-methyl-	44
1,1,2-trimethyl-	52	Propionaldehyde	58
trans-Decalin	36	Propylene oxide	82
(decahydronaphthalene)		(1,2-epoxypropane)	
n-Decane	43	1-Propyne	82
1-Decene	44	Spiropentane	71
Diethyl ether	47	Tetrahydropyran	48
Dimethyl ether	54	Tetralin (tetrahydronaphthalene)	39
Ethane	47	Toluene (methylbenzene)	41
Ethane (ethylene)	80		

<표 2> 선정된 가스에 대한 기본 연소속도 비교

가스	표 1	Andrews and Bradley		France and Pritchard (공기중)
		(공기중)	(산소중)	
Acetylene	166	158	1140	-
Ethylene	80	79	-	0
Hydrogen	312	310	1400	347
Methane	40	45	450	43
Propane	46	-	-	46

<표 3> 농산물

물 질	중간입자크 크기 (μm)	최소연소농도 (g/m^3)	최대폭발 압력 P_{max} (bar)	폭연지수 K_{St} ($\text{bar}\cdot\text{m}/\text{sec}$)	분진 위험 Class
Cellulose	33	60	9.7	229	2
Cellulose pulp	42	30	9.9	62	1
Cork	42	30	9.6	202	2
Corn	28	60	9.4	75	1
Egg white	17	125	8.3	38	1
Milk, powdered	83	60	5.8	28	1
Milk, nonfat, dry	60	-	8.8	125	1
Soy flour	20	200	9.2	110	1
Starch, corn	7	-	10.3	202	2
Starch, rice	18	60	9.2	101	1
Starch, wheat	22	30	9.9	115	1
Sugar	30	200	8.5	138	1
Sugar, milk	27	60	8.3	82	1
Sugar, beet	29	60	8.2	59	1
Tapioca	22	125	9.4	62	1
Whey	41	125	9.8	140	1
Wood flour	29	-	10.5	205	2

<표 4> 탄소질 분진

물 질	중간입자크기 (μm)	최소연소농도 (g/m^3)	최대폭발 압력, P_{max} (bar)	폭연지수 K_{St} ($\text{bar}\cdot\text{m}/\text{sec}$)	분진 위험 Class
Charcoal, activated	28	60	7.7	14	1
Charcoal, wood	14	60	9.0	10	1
Coal, bituminous	24	60	9.2	129	1
Coke, petroleum	15	125	7.6	47	1
Lampblack	<10	60	8.4	121	1
Lignite	32	60	10.0	151	1
Peat, 22% H_2O	-	125	84.0	67	1
Soot, pine	<10	-	7.9	26	1

<표 5> 화학물질 분진

물 질	중간입자크기 (μm)	최소연소농도 (g/m^3)	최대폭발 압력, P_{max} (bar)	폭연지수 K_{St} ($\text{bar}\cdot\text{m}/\text{sec}$)	분진 위험 Class
Adipic acid	<10	60	8.0	97	1
Anthraquinone	<10	-	10.6	364	3
Ascorbic acid	39	60	9.0	111	1
Calcium acetate	92	500	5.2	9	1
Calcium acetate	85	250	6.5	21	1
Calcium stearate	12	30	9.1	132	1
Carboxy-methylcellulose	24	125	9.2	136	1
Dextrin	41	60	8.8	106	1
Lactose	23	60	7.7	81	1
Lead stearate	12	30	9.2	152	1
Methyl-cellulose	75	60	9.5	134	1
Paraformaldehyde	23	60	9.9	178	1
Sodium ascorbate	23	60	8.4	119	1
Sodium stearate	22	30	8.8	123	1
Sulfur	20	30	6.8	151	1

<표 6> 금속분진

물 질	중간입자크기 (μm)	최소연소농도 (g/m^3)	최대폭발 압력, P_{max} (bar)	폭연지수 K_{St} ($\text{bar}\cdot\text{m}/\text{sec}$)	분진 위험 Class
Aluminum	29	30	12.4	415	3
Bronze	18	750	4.1	31	1
Iron carbonyl	<10	125	6.1	111	1
Magnesium	28	30	17.5	508	3
Zinc	10	250	6.7	125	1
Zinc	<10	125	7.3	176	1

<표 7> 합성수지

물 질	중간입자 크기 (μm)	최소연소농 도 (g/m^3)	최대폭발 압력, P_{max} (bar)	폭연지수 K_{St} ($\text{bar}\cdot\text{m}/\text{sec}$)	분진 위험 Class
(poly) Acrylamide	10	250	5.9	12	1
(poly) Acrylonitrile	25	-	8.5	121	1
(poly) Ethylene (low-pressure process)	<10	30	8.0	156	1
Epoxy resin	26	30	7.9	129	1
Melamine resin	18	125	10.2	110	1
Melamine, molded (wood flour and mineral filled phenol-formaldehyde)	15	60	7.5	41	1
Melamine molded (phenol-cellulose)	12	60	10.0	127	1
(poly) Methyl acrylate	21	30	9.4	269	2
(poly) Methyl acrylate, emulsion polymer	18	30	10.1	202	2
Phenolic resin	<10	15	9.3	129	1
(poly) Propylene	25	30	8.4	101	1
Terpene-phenol resin	10	15	8.7	143	1
Urea-formaldehyde/ cellulose, molded	13	60	10.2	136	1
(poly) Vinyl acetate/ ethylene copolymer	32	30	8.6	119	1
(poly) Vinyl alcohol	26	60	8.9	128	1
(poly) Vinyl butyral	65	30	8.9	147	1
(poly) Vinyl chloride	107	200	7.6	46	1
(poly) Vinyl chloride/ vinyl acetylene emulsion copolymer	35	60	8.2	95	1
(poly) Vinyl chloride/ethylene/vinyl acetylene suspension copolymer	60	60	8.3	98	1