

가스폭발부스의 방출구 설계

임사환*, 허용정**, 최성주***, 이종락****, 이동진****, 김용주****, 신규철****

*한국기술교육대학교 대학원 기계공학과

**한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

***한국기술교육대학교 기계공학부

****가스안전교육원 교수실

e-mail : gentle@kgs.or.kr

A Design on the Discharge Port for Gas Experimental Booth

Sa-Hwan Leem*, Yong-Jeong Huh**, Seong-Joo Choi***, Jong-Rark Lee****, Dong-Jin Lee****, Yong-Joo Kim**** and kyu-Chul Shin****

*Department of Mechanical Engineering KUT,

**School of Mechatronics Engineering KUT,

***School of Mechanical Engineering KUT,

****Faculty Division, Institute of Gas Technology Training

Abstract

As the industry of 21C has been developed, the gas industry has grown and it has not only the convenience but also the riskiness for using. Therefore, we designed the outlet to prevent from collapse of booth by the explosion pressure in installing the explosion booth for test in order to train safety supervisors the riskiness of gas explosion. The outlet was designed based on the exhaust model of NFPA 68.

1. 서론

가스는 친환경적인 에너지원으로서 산업 및 일반 가정 등에서 활용도가 급속도로 증가하여 국내 에너지 산업의 중추적인 역할로 대두되고 있다.^[1] 또한 산업이 발전함과 동시에 인간의 안전에 대한 욕구도 날로 급증하고 있는 실정이다. 하지만 가스 사고는 다양한 원인과 형태에 의해 발생하고 있고 일선현장과 가정 등에서 잠재적인 위험요소는 항상 내재하고 있으며, 반복적으로 동일유형의 사고가 발생하고 있는 실정이다.^[2]

특히 가스폭발사고는 사회적으로 막대한 손실을 초래하고 있다. 따라서 가스 사고를 미연에 예방하기 위하여 대규모 사업장에는 안전관리자를 선임하여 배치함으로써 가스 사고를 감소시키는데 기여하고 있다.^[3-5] 이러한 안전관리자에게 가스폭발의 위험성에 대한 교육을 실시하기 위한 가스폭발실험용

부스를 설치코자 한다.

가스폭발시에는 폭발압력 방출구의 역할이 매우 중요하기 때문에 그동안 건물에서의 폭발방출을 위한 연구들이 수행되어져 왔으며 밖으로 방출되는 폭발압에 의한 피해에 대한 연구도 수행^[6-8]되었으며, 그 내용의 중심은 보호대상물의 강도와 압력방출장치에 개방압력을 결정해준 상태에서의 폭발방출면적을 계산하기 위한 것들이었다.^[9]

본 연구에서는 교육용으로 활용되는 가스폭발실험용 부스의 붕괴를 방지하기 위하여 방출구에 대한 설계를 실시하였다.

2. 폭발이론

폭발의 정의는 순간적으로 에너지를 방출하여 주위 공기의 밀도, 압력, 속도가 불연속적인 변화가 있

는 상태를 말한다. 폭발에는 물리적 폭발과 화학적 폭발로 나눌 수 있는데, 가스폭발은 산화제와 혼합된 가연성 가스운의 연소과정으로 정의 할 수 있다. 이러한 가스폭발은 밀폐된 공간에서의 폭발과 개방된 공간에서의 폭발로 나눌 수 있으며, 가스폭발에 의하여 형성된 압력은 사람 및 구조물에 피해를 주고, 폭발은 화재 또는 BLEVE와 같은 사고로 발전할 수 있다.^[10]

가연성 물질을 취급하고 있는 건물은 폭발시 폭발 압력을 방출할 수 있는 충분한 배기구를 가지도록 설계하는 것이 가연성 물질의 누출에 의한 심각한 폭발피해를 방지할 수 있는 방법이다.

건물에서 가스 폭발이 일어날 때 배기모델은 주로 Rasbash 방법과 Runes 방법이 사용되고 있다. 이 두 가지 방법은 건물에서 순간적으로 가스가 방출되는 현상에 대한 것이다.^[9]

NFPA 68에 의하면 1974년에는 Rasbath 방법과 Runes 방법을 사용하여 개구부 면적이 큰 것으로 건물을 설계토록 하였고, 1978년 개정판에는 Runes 방법만 사용하도록 하였다. 그러나 1994년에 개정된 식은 아래와 같다.^[11]

$$A_v = C \frac{A_s}{P_{red}^{\frac{1}{2}}}, P_{red} \leq 0.1 \quad (9)$$

$$A_v = d(V)^f e^{g(P_{stat})} (P_{red})^h, P_{red} \geq 0.1 \quad (10)$$

A_s : 실내 벽의 총면적(m^2)

A_v : 배출구의 면적(m^2)

P_{red} : 최대 폭발 압력(bar)

P_{stat} : 맨트부 개방 압력(bar)

C : 배기 상수($bar^{1/2}$)

V : 밀폐공간 체적(m^3)

위 식에서 배기 상수는 Table 1과 같다.

Table 1. Fuel Characteristic Constant

가스종류	C($kPa^{1/2}$)
메탄(CH_4)	0.37
프로판(C_3H_8)	0.45
암모니아(NH_3)	0.13

최대 폭발압력이 0.1기압보다 큰 영역에 적용되는 변수들은 Table 2과 같다.

또한 일반적으로 화염전파속도는 프로판과 공기의 혼합가스에서는 3.35m/s를 적용한다.

Table 2. Related Number of Explosion Pressure

가스종류	d	f	g	h
메탄(CH_4)	0.105	0.770	1.230	-0.823
프로판(C_3H_8)	0.148	0.703	0.942	-0.671
수소(H_2)	0.279	0.680	0.755	-0.393

3. 계산결과

가스폭발실험용 부스의 크기가 가로3m, 세로2m, 높이2.5m 일 때 부스공간의 부피는 15 m^3 이다. 또한 실험에는 폭발사고의 대부분을 차지하고 있는 LPG를 사용하고자 한다.

Table 3. Blast Damage by Overpressure

과압(kPa)	피해형태
0.14	저주파의 불쾌한 소음(10~15Hz)
0.21	유리창의 부분 파손
0.28	큰 소음 및 유리가 깨짐
0.69	유리창의 변형 및 깨짐
1.03	유리 폭발 압력
2.07	10% 유리창의 파손
2.76	건물의 작은 피해한계
3.45	집이 다소 피해를 입는다.
4.83	작은 집의 파손
6.89	살 수 없을 정도로 집의 일부가 파괴된다.
8.96	건물의 스틸제 프레임이 다소 구부러진다.
13.79	집의 벽 및 지붕이 일부 파괴된다.
15.86	중대한 구조물의 손상 하한계
20.68	스틸제프레임으로 지어진 건물이 파괴되고, 기초로부터 떨어진다.
27.58	유저조(油貯槽)가 파괴된다.
34.47	목재기둥과 고막의 파괴
41.37	집이 완전히 파괴된다.
48.26	화물차가 전복될 수 있다.
62.05	화물차의 완전 파괴
68.95	대부분의 건물이 붕괴된다.
2068	사망 가능성 100%

폭발압력에 부스가 붕괴되지 않도록 작은 파열압력에도 쉽게 방출구 역할을 할 수 있도록 개구부의

밀폐는 종이를 부착하는 것으로 하였다. 이는 파편의 형성을 억제하는 효과도 있겠다.

구조물 및 건물의 피해에 영향을 미치는 폭풍압력은 Table 3와 같다.

NFPA 68의 1994년에 개정된 식을 이용하면 아래와 같다.

1) 가연성 가스가 LPG인 경우

$$A_v = 0.148(15)^{0.703} \times (2.718)^{0.942 \times 0.002855} \times (0.210921)^{-0.671} = 2.8297\text{m}^2$$

2) 가연성 가스가 NG인 경우

$$A_v = 0.105(15)^{0.77} \times (2.718)^{1.23 \times 0.002855} \times (0.210921)^{-0.823} = 3.0518\text{m}^2$$

4. 결론

본 논문에서는 가스안전교육원에서 가스폭발실험용으로 사용할 Booth의 안전에 관하여 NFPA 68에 의한 배기모델을 적용하여 개구부 크기를 파악해 보았다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) LPG인 경우 최대 통풍구 총면적이 2.8297m²로 나왔다.
- 2) NG인 경우 최대 통풍구 총면적이 3.0518m²로 나왔다.

추후 연구를 진전시켜 가스농도에 따른 화염 및 폭발파편에 의한 안전사고 피해영향 범위를 실험을 통하여 파악코자 한다.

참고문헌

- [1] <http://kosis.nso.go.kr>
- [2] Korea Gas Safety Corporation, "2005 Gas Accident Yearbook", Sun Jin company, pp87~172, 2006.
- [3] Korea Gas Safety Corporation, "High Pressure Gas Safety Control Law", NamJin Painting House, p49, p75~76, 2006.
- [4] Korea Gas Safety Corporation, "Liquid Petroleum Gas Safety Control Law", NamJin Painting House, p41~44, p66~67, 2006.
- [5] Korea Gas Safety Corporation, "City Gas Business Law", Bansuk Munhwa Painting House, p65~67, p68, 2006.
- [6] Kees van Wingerden, "Prediction of Blast Over Pressure Generated by Vapour Cloud effects in Direct Surroundings of Installations Protected by Dust Explosion Venting" J. Loss Prevention in Process Industries. Vol. 6, No.4, pp.241~249, 1993.
- [7] Kees Van Wingerden, O R Hansen, R Teigland, "Prediction of the Strength of Blast Waves in the Surroundings of Vented Offshore Modules", unpublished paper.
- [8] D. Crowhurst, S. Colwell, D. P. Hoare, M Bensilum, "The Characteristics of Explosion Pressure Measured Around Complex Structure Near Vented Dust Explosion", preprint for 7th Int. Symp. on Hazards, 1996.
- [9] NFPA 68, "Guide for Venting of Deflagrations", 1984.
- [10] Dag Bjerketvedt, Kees Van Wingerden, Jan Roar Bakke, "Gas Explosion Handbook", pp.40~65, Elsevier Science, 1997.
- [11] Crowl D A. and J. F. Louvar, "Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications", Prentice Hall, New Jersey. pp.82~151, 1990.