

# 표면열처리용 변성가스의 폭발특성에 관한 연구

이병철 · 최재욱 · 임우섭 · 민철웅 · 김태근

현대자동차 · \*부경대학교 안전공학부

## 1. 서론

최근에 화학공업분야 및 금속·철강 분야 등에서는 다양한 금속표면처리방법이 사용되고 있으며, 그 중 하나인 표면경화(Case hardening)공법은 일산화탄소 등으로 표면의 물리적 성질을 향상시키는 방법으로 사용되고 있다. 그러나 일산화탄소만으로는 침탄성이 약하기 때문에 메탄, 프로판, 부탄 등에 적당한 비율의 공기를 첨가시켜 변성가스를 열처리하게 된다. 이러한 이유로 단위질량당 발열량이 크고 가격이 저렴한 탄화수소계 가스 등의 사용이 매년 증가하는 추세를 나타내고 있다.<sup>1)</sup>

이러한 변성가스 등은 약 900~1150℃에 상태에서 탄화수소계의 열분해를 행하고 있으며, 제조설비 등에서 발생할 수 있는 전기적 스파크에 의해 쉽게 착화하여 가스사고 발생시에 엄청난 인명피해와 함께 많은 재산을 손실을 초래한다.

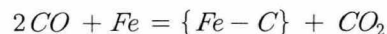
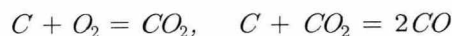
가스폭발의 연구사례로는 Kakutkina 등<sup>2)</sup>의 밀폐용기의 가스폭발에 관한 평가방법과 Haneda 등<sup>3)</sup>의 고전압 영역에 대한 메탄의 점화한계에 관한 연구, 최 등<sup>4)</sup>의 도시가스 폭발특성에 관한 연구있다. 금속의 표면열처리 작업으로 변성가스를 사용하고 있지만 이에 대한 연구가 거의 없는 상태이다. 따라서 본 연구에서는 변성가스의 폭발특성치 구하고 폭발시 압력에 대한 위험성인 폭발압력 및 폭발압력상승속도, 최소착화에너지 등을 평가하여 화재·폭발사고의 예방을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2-1. 이론

본 실험에서 사용된 변성가스는 (주)○○에서 표면처리용으로 제조되는 변성가스를 채취하여 실험을 행하였다.

원료가스인 천연가스, 프로판, 부탄가스 등에 공기를 섞어 강재를 1000℃ 정도의 고온에서 가열하여 침탄반응을 시키며 그 반응식은 다음과 같다.



이와 같이  $CO + CO_2$ 의 혼합가스를 생성하고 이들 CO가 침탄을 하게된다.

## 2-2. 실험장치

가스폭발한계를 측정하는 장치로서는 전파법과 버너법이 있다. 이 중에서 전파법은 원통형 또는 구형의 용기내에 혼합가스를 넣고 한쪽에서 점화하여 화염이 전체에 확산되는 한계조성을 결정하는 방법이고, 버너법은 버너위에 안정된 화염이 가능한 혼합가스 조성의 한계치를 결정하는 방법이다.<sup>5)</sup>

본 연구에 사용한 실험장치는 전파법을 개량한 장치로써 그림 1과 같으며, 주요 구성도는 가스혼합탱크, 폭발통부, 에너지 공급부, 폭발압력 측정장치 및 진공펌프 등으로 구성되어 있다.

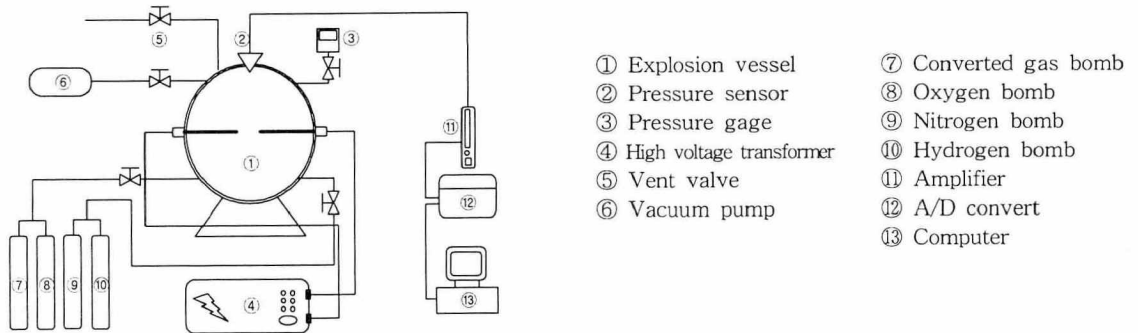


그림 1. 가스 폭발 실험 장치

## 2-3. 실험방법

가스 폭발의 경우 온도와 습도에 따라서 폭발의 상태가 다르므로 실험의 재현성을 좋게 하기 위하여 온도  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , 습도  $50 \pm 5\%$ 의 항온항습실에서 실험을 행하였다. 가스의 농도 변화에 대한 실험을 행하기 위한 가스혼합조에 주입하는 산소, 질소는 순도 99%의 것을 사용하였으며, 실험은 다음의 순서에 의해 진행하였다.

- (1) 가스혼합탱크 내부를 진공펌프를 사용하여 압력계의 눈금이  $-1.000 \text{ kgf/cm}^2$ 까지 진공으로 만든다.
- (2) 기체 혼합물의 상태방정식으로 계산된 압력의 수치만큼 각각의 가스를 주입한다.
- (3) 점화플러그에 전원을 연결한다.
- (4) 점화스위치를 ON시켜 폭발유무를 관찰한다.
- (5) 폭발압력은 TPMeas에 의해 측정한다.

변성가스의 폭발하한과 상한은 같은 농도에서 3회이상 실험하여 1회라도 폭발할 때를 폭발로 판정하였으며, 최소·최대농도를 폭발하한계와 상한계로 나타내었다. 폭발후 폭발통 내부의 압력변화 파형으로부터 폭발압력과 폭발압력상승속도를 계산할 수 있다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 산소농도 변화에 따른 폭발한계 측정 및 최소착화에너지

그림 2는 변성가스와 변성가스내에 수소를 첨가하여 수소의 농도가 40%, 50%일 경우에 있어서 산소농도에 변화에 따른 폭발 특성치를 나타낸 것으로 동일한 산소농도에서 수소의 농도가 증가할수록 하한계는 낮아지고 상한계는 거의 변화지 않았다. 또한 산소농도가 10%이하에서는 상한계와 하한계가 급격하게 감소되어 산소농도 6%이하에서는 강한 에너지를 부가하여도 폭발이 발생되지 않는 한계산소농도를 구하였다.

그림 3은 산소농도 21%에서 변성가스의 최소착화에너지를 나타낸 것으로서 가스농도 20%에서 최대값 1.36mJ를 나타내었고 농도가 증가함에 따라 작아지다가 산소 50%에서 최소착화에너지 0.13mJ를 구하였다.

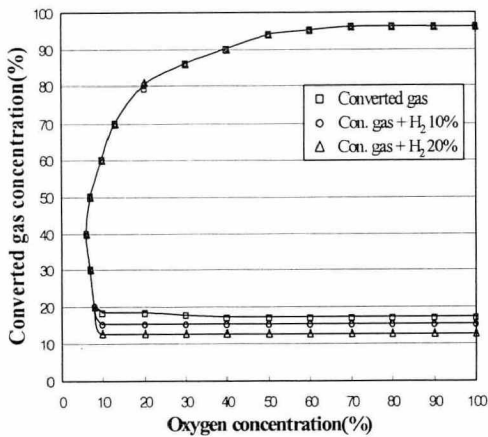


그림 2. 산소농도변화에 따른 폭발한계

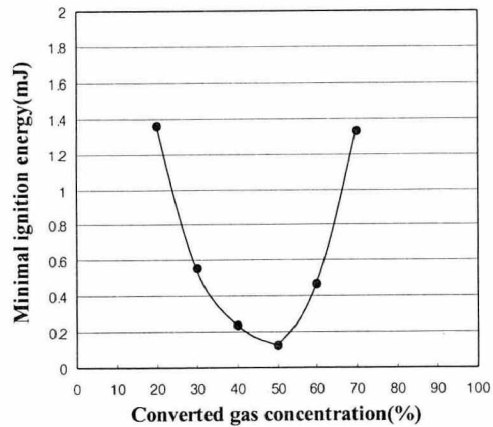


그림 3. 변성가스농도별 최소착화에너지

### 3-2. 변성가스의 농도변화에 따른 폭발압력과 최대폭발압력상승속도

그림 4는 산소농도 21%에서의 변성가스의 폭발압력을 나타낸 것으로서 하한계에서 부터 변성가스의 농도가 증가할수록 폭발압력이 가파르게 상승하다가 변성가스농도 40%부근에서 최대폭발압력을 나타내었고, 이 때의 최대폭발압력 4.61kgf/cm<sup>2</sup>를 얻었다.

그림 5는 산소농도 21%에서의 변성가스의 농도별 최대폭발압력상승속도로서 시료농도 40%일 때 130.75kgf/cm<sup>2</sup>/s를 얻었다.

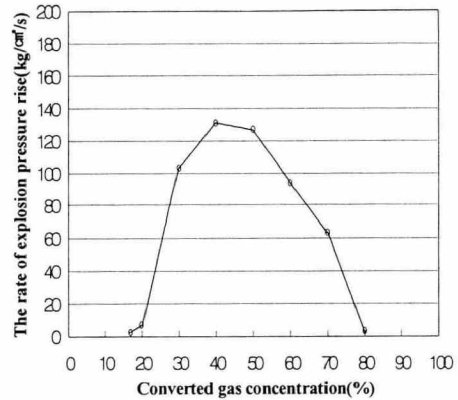
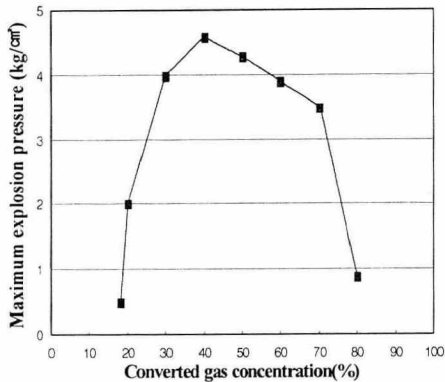


그림 4. 변성가스농도별 최대폭발한계      그림 5. 변성가스농도별 최대폭발압력상승속도

## 5. 결 론

변성가스의 폭발특성을 고찰하기 위하여 산소농도 변화와 변성가스 내의 수소를 첨가하여 실험을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 산소농도 21%에서의 변성가스의 폭발한계는 수소의 농도 31%, 40%, 50%에서 각각 하한계 17%, 15%, 13%를 구하였다.
- 2) 변성가스의 최대폭발압력은 시료농도 40%에서  $4.61\text{kg}_t/\text{cm}^2$ 를 구하였다.
- 3) 변성가스의 농도별 최대폭발압력상승속도는 시료농도 40%일 때  $130.75\text{kg}_t/\text{cm}^2/\text{s}$ 를 구하였다.
- 4) 변성가스의 최소착화에너지는 시료농도 50%에서 0.13mJ를 구하였다.

## 참고문헌

- 1) 小林清志, 荒木信辛, 牧野敦, “燃焼工学”, 理工學社, pp.1-24, 1988.
- 2) N. A. Kakutkina, A. A. Korzhavin, V. S. Babkin, V. V. Zamashchikov, and A.A. Pleslov, “Scale Modeling of Gas Explosions in Closed Vessels, Combustion”, Explosion and Shock Waves, Vol.32, No.6, 1996.
- 3) 羽田博憲, 高橋保盛, 木山保, 皿田滋, 鍋谷弘, “高電壓領域におけるメタンの點火限界”, 安全工学, Vol.28, No.3, 1989.
- 4) 최재욱, 목연수, 박승호 “도시가스의 폭발 특성에 관한 연구”, 한국산업안전학회지, Vol. 16, No 4, pp.109~114, 2001.
- 5) 安全工学協會, “防爆工学”, 海文堂, pp.39-40, 1983.