

## 저항회로의 개폐불꽃에 의한 폭발성 가스의 점화한계에 관한 연구

김재욱 이춘하  
호서대학교 안전공학부

### I. 서론

가스폭발사고를 방지하기 위하여 사용하는 방폭형 전기기기중에서 본질안전 방폭구조는 폭발위험장소에 설치되는 전기기기 및 배선의 어떤 부분에서 정상동작 및 사고시(단락, 지락, 단선 등)에 발생하는 불꽃, 아크, 과열이 주위에 있는 폭발성 가스에 점화 되지 않도록 한 구조로서, 회로의 전압과 전류를 폭발성 가스의 점화한계 이하가 되도록 구성하는 원리이며 국내외에서 사용이 증가추세에 있다.<sup>(1)~(4)</sup>

본질안전 방폭 전기회로에 대한 연구는 1912년 영국의 South Wales 주에 있는 탄광에서 두 가닥의 나선을 합선시켜 경보를 발생하게 되는 신호장치가 원인이 되어 대형 가스 폭발사고가 일어나 광부 439명이 사망한 사고가 발생하면서 부터이며<sup>(5)~(6)</sup>, 선진 각국에서는 1960년대부터 본질안전 방폭구조의 전기기기에 대한 연구개발이 본격적으로 시작되었다.

한편, 본질안전 방폭구조의 적용은 저전압 저전류에 의한 저에너지 회로의 전기 설비에 한정되지만 실제로 기기를 설계하고 개발하기 위해서는 전기회로에서 발생하는 개폐불꽃에 의한 폭발성 가스의 점화한계를 알 필요가 있으나 국내에서는 현재 이에 대한 연구결과가 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 IEC(International Electrotechnical Commission)에서 규정한 불꽃점화 시험장치를 이용하여 직류전원의 저항회로에 대한 폭발성 가스의 점화한계를 규명하는데 그 목적이 있다.

### II. 실험

#### 2.1 실험장치

방전불꽃에 의한 폭발성 가스에의 점화한계를 측정하기 위한 실험장치구성은 그림 1과 같다.

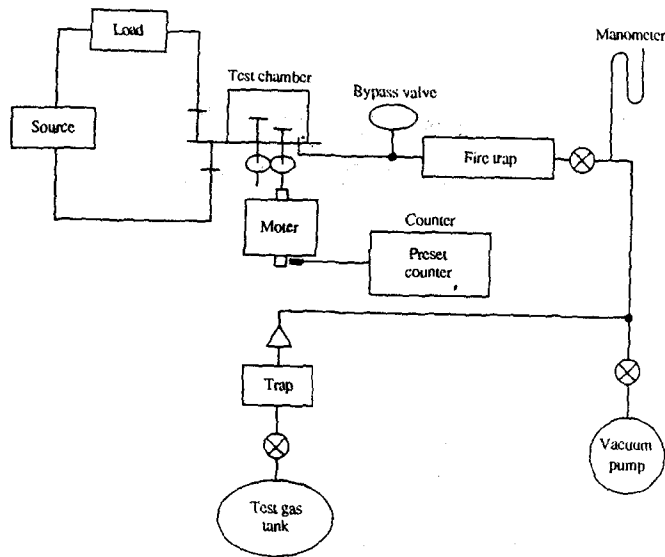


Fig. 1 Schematic diagram of ignition test apparatus for explosive gas

### 2.1.1 개폐불꽃 발생장치

본 실험에 사용한 IEC형 불꽃점화 시험장치는 불꽃 발생용의 전극부가 들어있는 그림 2와 같은 폭발조와 소정의 가스농도를 가진 혼합가스의 공급 및 배기계통으로 크게 나눌 수 있다.

폭발조는 내용적이 약 250 [cm<sup>3</sup>]로서 플라스틱 뚜껑과 베이스 플레이트 및 기밀유지를 위한 패킹 등으로 구성되어 있으며, 그 내부에 전극부가 들어있는데 양극은 직경 0.2 [mm]의 텅스텐선(W)으로서 정사각형의 금속판 네 모퉁이에 1개씩 고정되어 있고 음극은 2줄의 평행한 홈(폭 2 [mm], 깊이 2 [mm])이 있는 카드뮴(Cd)의 원판으로 되어있다.

### 2.1.2 폭발성 가스 혼합공급장치

폭발성 가스와 공기의 농도를 실험조건에 맞추기 위해 공기를 분압식으로 혼합 탱크 내에 채운후 균일하게 혼합하여 수소가스는 열전도율식의 분석계로 메탄, 프로판, 에틸렌가스는 적외선식의 분석계를 이용하여 혼합가스의 농도를 분석하였다.

### 2.1.3 시험 전기회로

시험 전기회로는 전원 및 부하로 구성되며 점화한계 측정을 위한 회로는 그림

3에 나타난 것으로서 전원은 직류를 이용하였다. 이는 실제로 현장에서 사용되고 있는 제어회로, 계측회로등에서 본질안전 방폭 전기회로로 이용되고 있는 것은 수 십 [V] 이하의 직류회로가 대단히 많이 사용되고 있어 저압 직류전원에 대한 접화한계를 구하는 것이 실용적일 것으로 생각되기 때문이다.

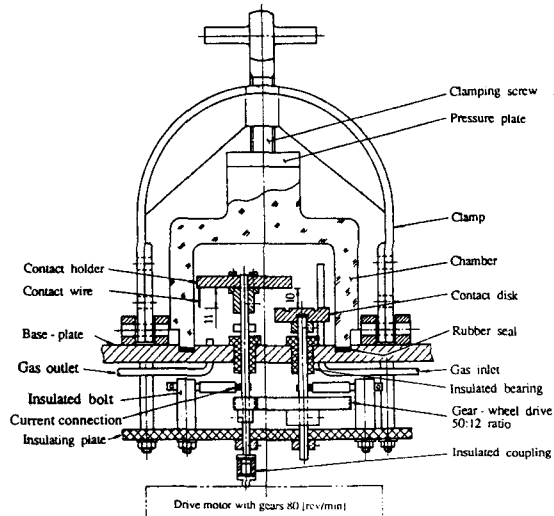


Fig. 2 Detail diagram of explosion chamber

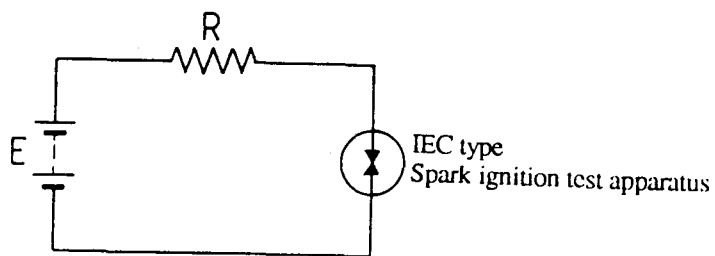


Fig. 3 Circuits of spark ignition test

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 점화한계 결정방법

점화한계를 결정하기 위한 일반적인 규칙은 없으나 IEC 79-11 (Construction and test of intrinsically-safe and associated apparatus)에서 직류회로의 본질안전 방폭성을 평가할 때의 불꽃발생회수는 극성을 바꾸어 각각 800회 이상으로 규정하고 있다. 그러므로 본 실험에서는 Data의 산란을 방지하기 위하여 임의의 회로조건을 설정하고 불꽃발생 장치의 전극간에 연속 3,200회까지의 개폐불꽃을 발생시켜 대상으로 하는 폭발성 가스에의 점화유무를 확인하였다. 만일 가스에 점화를 일으켰을 경우에는 회로전류만을 5 [%] 감소시킨 상태에서 3,200회의 개폐불꽃 발생에 따른 가스에의 점화유무를 시험하였고 점화가 일어나지 않았을 경우에는 이와 반대로 하였다.

이상과 같은 과정을 반복하여 점화한계는 3,200회의 개폐불꽃으로도 가스에 점화되지 않은 전류값과 이 값 직전의 점화된 전류값의 평균을 점화한계값으로 정하였다.

### 2.2.2 폭발성 가스

최소 점화한계곡선을 구하기 위한 폭발성 가스는 IEC 79-11의 본질안전 방폭전기기를 시험할 때 기기의 등급에 따른 대표적인 불꽃점화 시험가스인 메탄, 프로판, 에틸렌 및 수소가스를 대상으로 하였다.

## III. 실험결과 및 고찰

### 3.1 가스의 농도와 점화한계

그림 4는 전압 24 [V]인 저항회로에서 메탄, 프로판, 에틸렌 및 수소가스를 대상으로 하여 가스와 공기의 혼합비를 변화시켜 가면서 농도에 따른 점화한계전류의 관계를 구한 것으로 가스별, 농도별로 점화한계가 다르게 나타나고 있다.

### 3.2 가스별 최소점화한계

그림 5는 3.1의 결과에서 각 가스별로 최소점화한계를 나타내는 곡선을 취해 모은 것으로 최소점화한계는 메탄, 프로판, 에틸렌, 수소가스의 순서로 낮아지면서 최소점화전류는 가스별로 차가 있고, 상대적으로는 에틸렌의 곡선이 메탄과 수소가스의 거의 중간에 위치한다는 것을 알 수 있다. 또한 전원전압의 크기가 점화한계에 영향을 미치는 것으로 보이지만 전원전압이 높으면 점화전류는 작아지면

서 불꽃발생전극의 개폐시에 발생하는 방전지속시간이 길어지므로 점화에너지는 전압에 상관없이 거의 일정할 것으로 생각된다.

또한, 전압이 약 20 [V]이하에서는 모든 가스의 최소점화전류가 2 [A]를 넘으면서 급격히 상승하였다. 이러한 현상은 IEC형 불꽃점화시험장치는 약 2 [A]를 넘으면 텅스텐선 전극이 과열되므로 2 [A]를 넘는 경우는 순수한 방전불꽃에 따른 점화한계가 아니고 전극의 과열현상이 포함된 점화한계로 판단된다.

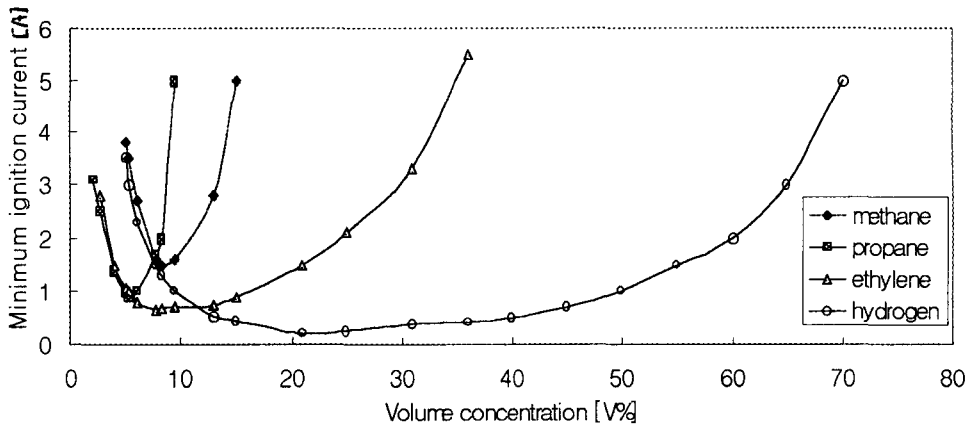


Fig.4 The Relation between gas concentration and minimum ignition current (DC 24 [V] Resistive circuit)

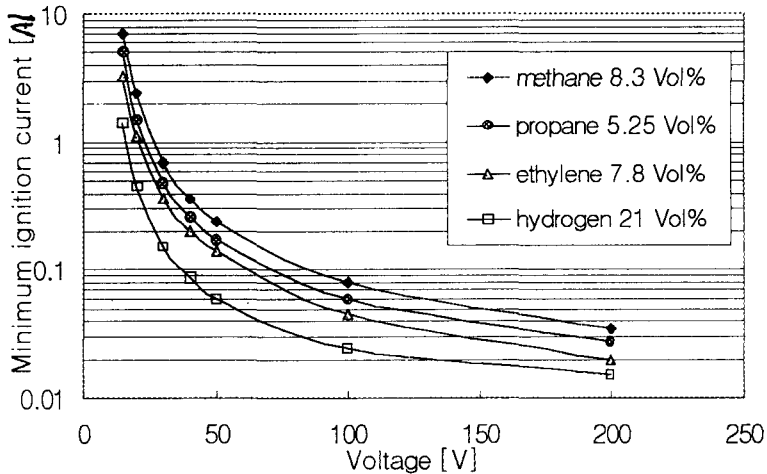


Fig.5 Ignition limits of low voltage resistive circuit

#### IV. 결론

본 연구에서 실험한 내용과 결과를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 최소점화한계는 메탄, 프로판, 에틸렌, 수소가스의 순서로 낮아지면서 상대적으로는 에틸렌가스가 메탄과 수소가스의 거의 중간에 위치한다는 것을 알 수 있다.
2. 저항회로의 개폐불꽃 에너지의 공급원은 전원이므로 점화전류의 크기는 전원 전압의 크기와 반비례적인 현상을 나타낸다.
3. 점화한계는 전압 약 20 [V]이하의 영역에서는 최소점화전류가 2 [A]를 넘으면서 점화한계 곡선이 급격히 상승하였으며, 이 경우에는 순수한 개폐불꽃에 따른 점화한계가 아니고 전극 과열 현상이 포함된 점화한계이므로 본질안전 방폭전기회로에 사용되어지는 도선은 회로전류에 비례하여 충분한 굵기의 전선을 사용하여야 할 것으로 생각된다.
4. 본질안전 방폭전기회로를 설계 및 제작할 경우 저항회로에서는 전압은 200 [V]이하, 전류는 2 [A]이하의 범위가 되도록 하는 것이 바람직하다고 생각된다.

#### 참 고 문 헌

- 1) IEC 79-0, "Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 0 : General requirements", (1983).
- 2) IEC 79-11, "Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 2 : Intrinsic safety", (1983).
- 3) 이춘하 외, "방폭시험 평가방안에 관한 연구 (I)", 한국 기계연구소, UCN1 99-1328 · D, (1990).
- 4) 이춘하 외, "방폭시험 평가방안에 관한 연구 (II)", 한국 기계연구소, UCN2 34-1481 · D, (1991).
- 5) Magison and Ernest C., "Intrinsic safety", Instrument Society of America, Printed in the United States of America, pp. 66-71, (1984).
- 6) 田中隆二, "本質安全 防爆電氣 回路に關する 基礎的研究", 産業安全研究所, (昭和 45).