

디에틸에테르의 냉염 및 폭발특성 이용에 관한 연구
김수영* · 오규형** · 김용식*** · 최범식* · 이창우**** · 이성은** · 문영길*

*호서대학교 산업안전기술연구센터, **호서대학교 소방방재공학과
호서대학교 안전시스템공학과, *가스안전공사 연구원

**A study on the practical use of diethyl ether's cool flame and
explosion characteristics**

Soo-young Kim*, kyu-hyung Oh**, Eung-sik Kim**, Beom-sik Choi*, Chang-woo
Lee****, Sung-eunLee**, Young-kil Moon*

* Industrial Safety Engineering Research Center of Hoseo University

**Fire & Disaster Protection Engineering of Hoseo University

***Safety System Engineering of Hoseo University

****Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

1. 서 론

근래들어 가연성 가스 사용의 편리성 및 경제성에 의하여 많은 분야에서 사용되어지고 있으며 이에 따른 안전대책으로서 이들 가스가 사용되어지는 위험지역에 방폭기기의 사용량도 증가하고 있다. 이에 따라 방폭기기의 성능 시험시 안전성 및 효율성의 증대가 더욱 요구되어 지고 있는 실정이다.

일반 적으로 위험지역에서 사용되는 전기제품에 요구되어 지는 방폭 성능은 전기기기 내에서 폭발이 일어나도 외부로의 화염전파가 일어나지 않아 2차적인 폭발 사고를 방지하는 개념의 내압방폭형 type들이 많이 사용 되고 있으나 근래에 들어 전기기기에 서 폭발을 일으키는 점화원을 제거하는 안전증가 및 본질안전 type으로 발전되어 지고 있는 추세이다. 이에 따라 시험방법 및 기존의 규격들이 자주 개정되고 있다. 본 연구는 기존의 폭발성 가스(수소, 에틸렌, LPG 등)를 이용한 전기회로에서의 점화원 검출방법 대신 근래에 들어 더욱 확대하여 제시된 diethyl ether의 cool flame 특성을 이용한 small component ignition test 시험 방법을 사용하여폭발 점화원을 검출하는 방법의 제시와 diethyl ether의 폭발 특성 관찰 및 시험방법에 관한 연구를 수행 하였다.

2. 이 론

본 연구는 그림 1과 같이 IEC 60079-0번 및 7번, 12번 시리즈 규격에서 요구하는 small component ignition test 시험방법 및 개념들을 바탕으로 diethyl ether의 폭발 특성 연구에 적용하여 보았다.

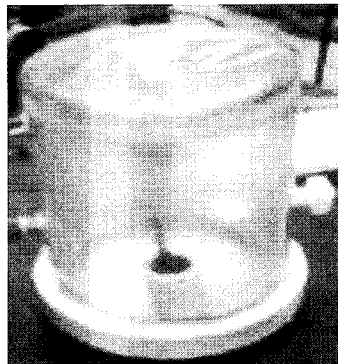


그림 1. IEC의 small component ignition test 시험방법

일반 전기기기에서 점화원이 될 수 있는 요인으로는 그림 2.에서 가리키고 있는 일반적인 요소들이 있으며 이들에 대한 대책으로는 안전증가 방폭 type과 더 발전된 개념으로 점화원이 될 수 없는 낮은 점화 에너지의 저전류 사용 회로의 설계 및 이상상태 즉 과전류 및 단락 발생시에 대응된 본질안전 방폭 type 들의 검증된 시험 방법으로 이전에는 수소 및 에틸렌과 같은 혼합가스에 회로를 연결하여 폭발이 일어나는지 확인하는 방법들을 사용하였으나 이 방법은 폭발 전이 및 압력이 큰 시험으로서 시험시 큰 폭발 압력 및 소음이 동반과 회로기관에서 점화원 찾는 시험시에는 많은 애로가 동반 되게 되는 단점이 있다.

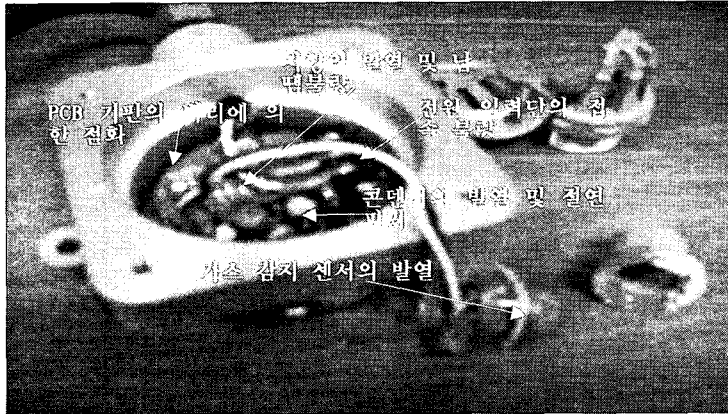


그림 2. 전기기기 에서의 잠재적인 위험이 될 수 있는 점화원들 예 (방폭형 가스 감지기)

그러나 국제 전기기기의 시험방법 중의 하나인 IEC 600079번 series의 시험방법인 small component ignition test에 사용되는 diethyl ether 혼합가스를 이용한 cool flame 특성을 이용하여 의심되는 회로 part들에서 온도 측정 방법을 사용한다면 더욱 안전하고 쉽게 회로에서의 점화원을 찾을 수 있는 장점이 있다.

Ethyl ether	CAS 60-29-7
$C_2H_5OC_2H_5$	RECS K15775000
Synonyms & Trade Names Diethyl ether, Diethyl oxide, Ethyl oxide, Ether, Solvent ether	DOT ID & Guide 1155 127
Exposure Limits NIOSH REL: See Appendix D OSHA PEL: TWA 400 ppm (1200 mg/m ³)	Conversion 1 ppm = 3.03 mg/m ³
IDLH 1900 ppm (10%LEL) See: 60287	
Physical Description Colorless liquid with a pungent, sweetish odor. [Note: A gas above 94°F]	
MW: 74.1	BP: 94°F
VP: 440 mmHg	IP: 9.53 eV
F.P.: -49°F	UEL: 36.0%
	LEL: 1.9%
Class IA Flammable Liquid: F.P. below 73°F and BP below 100°F.	
Incompatibilities & Reactivities Strong oxidizers, halogens, sulfur, sulfur compounds [Note: Tends to form explosive peroxides under influence of air and light]	

그림 3. ethyl ether의 특성

그림 3과 같이 특성을 가지는 ethyl ether가 2개가 결합된 Diethyl ether는 증기압이 매우 낮고 폭발범위가 1.9~48%로서 비교적 다른 가스들에 비하여 넓은 편이다.

특히 폭발성 가스로서 분위기가 조성된 공간 안에서 회로기관의 폭발 시험시 일반적으로 사용되는 폭발가스들과는 달리 회로의 점화되어지는 국부적인 부분에서 일시적인 cool flame 특성이 나타나게 되므로 폭발원이 될 수 있는 의심되는 회로기관의 부분들에

thermocouple들을 설치하여 폭발원을 찾기에 기존의 방식과 달리 용이하며 안전하다.

본 연구에서는 이러한 방법으로 점화원을 검출하는데 사용되는 Diethyl ether의 폭발 특성을 파악 및 활용을 위한 연구와 실제 시험방법들에 관한 연구를 하였다.

3. 실험 및 결과

그림 4.은 Diethyl ether의 혼합가스의 폭발 특성을 분석하기 위하여 각각 혼합가스의 범위를 다르게 하여 폭발 시험을 수행한 장치들의 사진으로서 불꽃 형상 및 온도 관찰하기 위한 실험이다. 이를 위하여 혼합가스의 정확성을 유지하기 위하여 그림 3과 같이 유량계 및 가스분석기를 사용하였다. 본 실험은 혼합가스가 투입된 용기내에서 점화원(점화플러그)의 주위에 일정 간격으로 thermocouple들을 설치하여 온도 측정 및 캠코더를 이용한 불꽃의 형상 측정을 하였다.

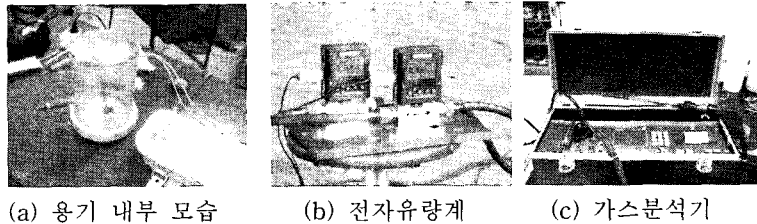


그림 3. Diethyl ether 혼합가스의 cool flame 특성 분석을 위한 실험 장치 모습

그림 4.는 위의 점화원 검출 시험을 시행하여 점화원이 검출된 모습의 예를 보여 준다.

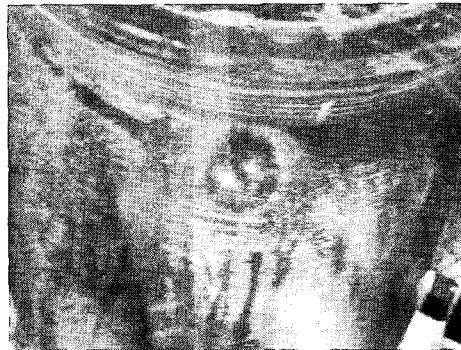


그림 4. 가스감지기 센서에서의 점화원이 검출된 모습

그림 4와 같이 인위적으로 감스감지기 가스센서를 분해하여 Diethyl ether의 혼합가스 폭발을 유도하여 점화원이 검출된 모습으로서 일반 폭발성 가스(LPG, 수소등)의 폭발과 달리 위의 셀룰로판 커버의 파손 없이 용기내부에 약한 소리의 발생과 함께 국부적으로 점화원 주위에 Cool flame만 발생을 하였다. 이의 관찰로서 cool flame이 국부적이고 순간적으로 미세하여 시각적으로 판단하기는 어려우며 온도 측정에 의하여 구할 수 있다.

그림 5.는 Diethyl ether의 폭발특성을 더욱 자세히 분석하기 위하여 100mm×60mm×45mm의 270ℓ의 큰 용기에서 폭발이 가장 활발한 3% 혼합된 가스에서의 폭발을 고속카메라로 측

정한 사진이다.

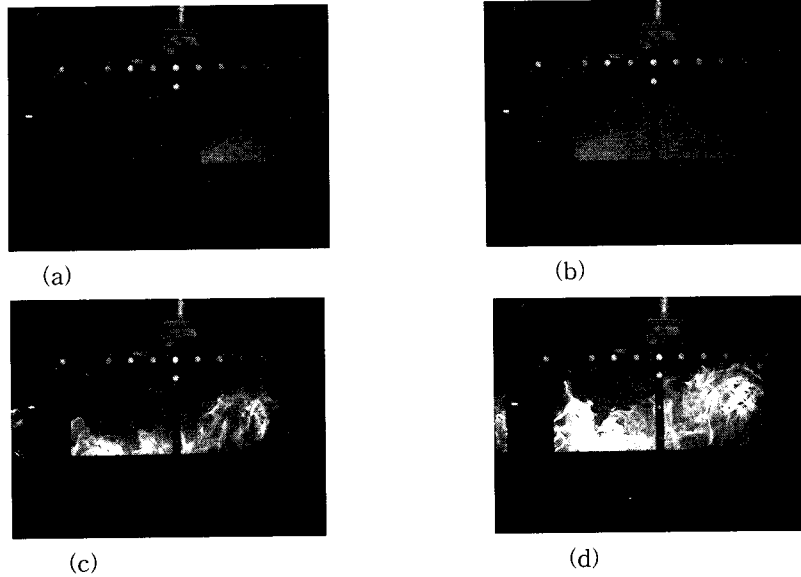


그림. 5 3% 혼합용기에서의 폭발 모습
(왼쪽 개방된 면, 오른쪽 면 점화위치)

4. 결론 및 고찰

기존의 폭발사스를 사용하여 점화원 발견하는 방법과 달리 Diethyl ether의 cool flame 특성의 파악 및 이를 이용한 회로기관 및 부품들의 점화를 검출하는 시험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째 Diethyl ether의 증발된 일정온도의 혼합가스 조건에서 각각의 폭발범위에서의 폭발을 수행하여 폭발 특성을 관찰하였다.

둘째 이론치의 이상적인 공기중에서의 혼합비가 3%에서의 폭발 현상이 가장 활발하게 관찰되었다.

셋째 다른 종류의 일반적인 폭발가스와 달리 폭발 범위에서의 점화에너지에 의한 폭발력 압력이 수반되어지지 않는 Cool Flame이 발생되어지는 경향이 많아 이를 점화원 검출에 활용할 수 있는 장점이 있다.

5. 참고문헌

- [1] International Electrotechnical Commission, IEC 60079-0, 2004-1
- [2] International Electrotechnical Commission, IEC 60079-7, 2001-11
- [3] International Electrotechnical Commission, IEC 60079-11, 1999-2
- [4] J.F.Griffiths & J.A. Barnard, "Flame and Combustion", Third edition
- [5] 한국산업안전공단, MSDS data.
- [6] 이재순, "연소공학", 보성문화사
- [7] 현성호, 이차우, 차시환, "방화방폭공학", 신광문화사 2003년
- [8] 김수영* · 오규형** · 김응식*** · 최범식* · 이창우**** · 이성은** · 문영길*, "A Cool

Flame을 이용한 폭발 점화원 검출방법에 관한 연구”, 2006년 한국산업안전학회 추계 발표회

[9] Bernard Lewis &Guenther von Elbe, "Combustion Flames and Explosions of Gases", Third edition