

건전지의 방전에 의한 폭발성 가스의 점화에 관한 실험적 연구

°이춘하* 송현직** 이광식** 이등인**

*한국기계연구원 **영남대학교

Experimental Study on Ignition of Flammable Gas by Spark of Dry Battery

Chun-Ha Lee* Hyun-Jig Song** Kwang-Sik Lee** Dong-In Lee**

*KOREA INSTITUTE OF MACHINERY AND METALS ** YEUNGNAM UNIVERSITY

Abstract

Ignitability of explosive gas mixture by spark of dry cell in case of short circuit by accident was studied for the purpose of evaluation of intrinsically safe characteristics of dry cell that manufactured in Korea.

IEC type spark test apparatus, 21 ± 2 Vol% of hydrogen - air mixture, and dry cell that produced in Korea was used for the experiment.

The result of this research could be used for design, manufacturing, and using the intrinsically safe electrical apparatus.

1. 서론

최근 우리나라는 산업의 발달로 인하여 사회 일상 주변에 각종의 인화성 액체 또는 폭발성 가스의 취급이 많아지고, 폭발위험물질의 취급이 차차 대규모화, 다양화, 복잡화되어 폭발사고의 위험이 증가하고 있는 실정이다.

따라서 폭발성가스가 존재하는 폭발위험장소에서 사용하는 전기기기는 반드시 방폭구조로 만들어져야 할 필요성이 있으며, 이러한 곳에 사용되는 건전지 내장형의 전기기기인 각종 측정계기, 통신기기 등은 일반적으로 휴대형 본질안전 방폭형의 전기기기가 많이 사용되고 있다⁽¹⁾⁽²⁾.

이 경우 전기기기 자체에 내장된 건전지가 단락한 경우에 발생하는 방전불꽃이 폭발성 가스에 점화되는지의 유무를 확인할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 국내에서 제작 시판되고 있는 건전지 중에서 주종을 이루는 품목에 대하여 수소-공기혼합가스 21 ± 2 Vol%의 폭발성 혼합가스를 대상으로 IEC 형 불꽃점화 시험장치를 이용하여 건전지 자체의 본질안전 방폭성을 평가하되, 본 결과를 본질안전 방폭형 전기기기의 설계, 제작 및 사

용에 있어서 기초자료로 제공하는데 목적을 두고 있다.

2. 실험장치

기계적으로 동작하는 개폐전극을 사용하여 통전중인 전기회로를 개폐할때 발생하는 방전불꽃에 의한 가스 점화유무를 시험하는 장치로서 Wire Brush on Plate형, Wire Brush on Screw형, 동선인장 단선형, Break-flash No.3 Apparatus, IEC 형등이 있다⁽³⁾⁽⁴⁾.

IEC 형 불꽃 점화 시험장치는 지금까지 개발된 각종 시험장치 중에서 점화감도가 가장 좋고 전극재질이 일반적인 것이며 구조가 단순하여 사용이 편리하다. 따라서, 독일, 영국, 일본 등 기타 세계의 많은 나라에서 시험연구용으로 널리 사용되고 있다.

이 시험장치는 IEC Publication 79-3(Spark test apparatus for intrinsically-safe circuits)에 나타나 있는 불꽃점화 시험장치로 불꽃 발생용의 전극부가 들어 있는 폭발조(그림1,2)와 소정의 가스농도를 가진 혼합가스의 공급 및 배기계통으로 크게 나눌 수 있다.

폭발조는 내용적이 약 $250[\text{cm}^3]$ 로서 플라스틱 뚜껑과 베이스 플레이트 및 기밀유지를 위한 패킹등으로 구성되어 있으며 그 내부에 전극부가 들어있는데 양극은 직경 $0.2[\text{mm}]$ 의 텅스텐(W)선으로서 정사각형의 금속판 내모퉁이에 1개씩 고정되어 있고 음극은 2줄의 평행한 홈(폭 $2[\text{mm}]$, 깊이 $2[\text{mm}]$)이 있는 카드뮴(Cd)의 원판으로 되어있다.

텅스텐선이 고정되어 있는 금속판의 회전축과 카드뮴 원판전극의 회전축은 각각 $80[\text{rpm}]$ 과 $19.2[\text{rpm}]$ 의 속도로 반대 방향으로 회전하며 양 중심축 사이에 시험회로를 접속하여 회전시키면 텅스텐선의 끝이 차례로 카드뮴의 표면과 접촉하면서 개폐불꽃이 발생한다.

텅스텐선은 그 끝이 카드뮴원판에 있는 홈의 중

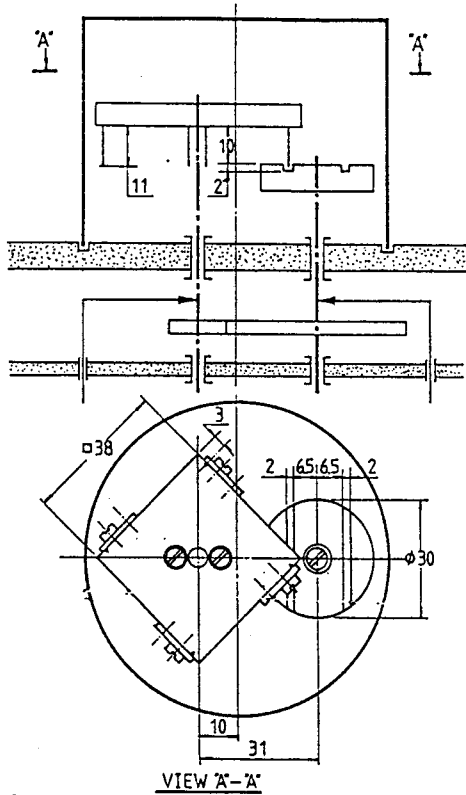


그림 1. IEC형 불꽃점화 시험장치 폭발조의 전극부

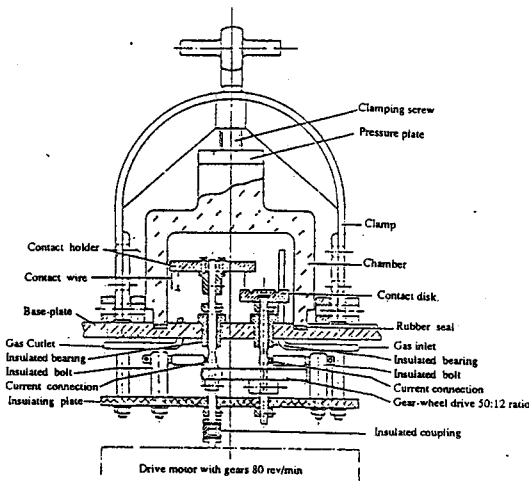


그림 2. IEC형 불꽃점화 시험장치 폭발조의 구조도

간까지 오도록 고정되어 있으므로 전극의 회전축이 회전중일 때는 텅스텐선은 먼저 카드뮴원판의 원주부와 접촉하여 그 상태로 카드뮴원판의 표면과 텅스텐선의 끝은 서로 접촉을 유지하다가 흡이 있는 곳에서 일단 서로 떨어진 후 다시 접촉한다. 이후 계속 회전하면 카드뮴의 원주의 어디에선가 서로 떨어져 버린다.

양극과 음극(텅스텐선과 카드뮴원판)의 상대적인 개폐속도는 텅스텐선이 카드뮴의 표면위를 이동중 일때는 약 25[cm/sec]이지만 텅스텐선이 카드뮴의 원주에서 떨어져 나갈때는 텅스텐선의 스프링 작용에 의하여 약 2,000[cm/sec]에 이른다.

가스공급 및 배기계통은 특정 농도의 혼합가스를 혼합조 내에 준비해두고 폭발조를 진공펌프에 의해 진공상태로 한다. 그리고 혼합조와의 압력차이에 의해 혼합가스를 폭발조 내에 채워 넣고 시험장치를 가동하여 점화가 되면 폭발압력스위치에 의하여 전원이 차단됨과 동시에 수동으로 뚜껑을 열어 배기를 시키도록 되어 있다.

3. 실험

가. 실험회로

본 실험을 위하여 사용된 전기회로는 다음 그림 3과 같다.

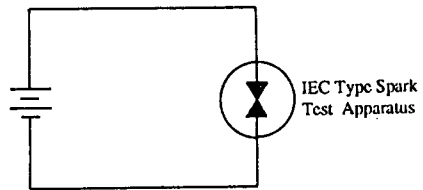


그림 3. 실험회로

나. 점화감도 교정

각 회로 조건에서 점화의 유무를 측정하기 전에 개폐 전극의 점화감도 교정을 실시하여 실험중에 소정의 감도가 유지되고 있었다는 것을 확인하였다.

만일 시험전의 감도가 양호하더라도 실험직후의 감도가 불량임이 판명되었을 경우에는 측정도중에 전극상태가 변화되었으므로 텅스텐선의 교환조정을 실시하고 재측정하였다.

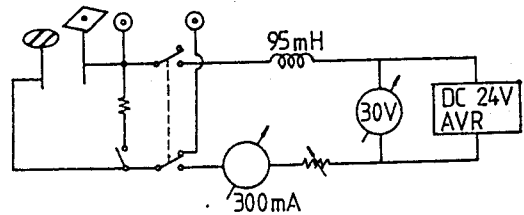


그림 4. 점화감도 교정회로

감도교정은 그림 4와 같은 교정회로에서 발생하는 1,600회 이내의 개폐불꽃이 교정가스(수소-공기혼합

가스 21 ± 2 Vol%)에 점화되도록 하였으며 공급전압은 직류 24[V], 인덕턴스는 95[mH], 전류는 30[mA]로 하였다.

다. 실험

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 그림 3과 같은 임의의 회로조건을 설정하고 불꽃발생장치의 전극간에 극성을 바꾸어 각각 800회까지의 개폐불꽃을 발생시켜 대상으로 하는 폭발성 가스(수소-공기혼합가스 21 ± 2 Vol%)에의 점화유무를 확인하였다.

그리고 실험에 이용된 건전지는 제조 후 3개월 이내의 것으로서 각 회사별, 형식별로 10개를 무작위 추출하여 단자전압을 측정하고 이의 평균치를 구한 다음 이 값 이상의 건전지만을 선택하여 사용하였다.

또한, 건전지의 단자 모양이 직렬로 연결하여 사용하도록 한 것과 그렇지 않은 경우로 구분하여 실험을 행하였다. 직렬연결사용이 가능한 건전지에 대하여는 직렬로 연결하여 불꽃점화시험을 행하였을 때 점화가 되지는 건전지의 최소 개수를 파악하였고, 직렬 연결이 불가능한 건전지에 대하여는 건전지 그 자체의 점화 유무만을 확인하였다.

4. 실험결과 및 고찰

실험에 대한 결과를 표 1과 표 2로 나타내었다. 표 1은 건전지를 직렬 연결하였을 때 점화가 되는 건전지의 최소 수량을 표시하였고, 표 2는 건전지 단자 모양이 직렬 연결사용이 불가능하도록 되어 있어 한 개의 건전지 자체의 단락전류에 의한 점화유무만을 나타내었다.

표 1과 표 2를 살펴보면,

- (1) R 6 [1.5V] 형식은 회사별, 형식별 구분없이 11개에서 점화가 되었으므로 10개 이상을 직렬연결 사용할 경우에는 점화한계 이상이 되므로 위험하다.
- (2) R 14 [1.5V] 형식은 R회사는 9개, S회사는 10개에서 점화가 되었으므로 8개 이상을 직렬 연결 사용하면 위험하다.
- (3) R 20 [1.5V] 형식은 회사별 구분없이 9개에서 점화가 되었으므로 8개 이상을 직렬 연결 사용하면 위험하다.
- (4) LR 6 [1.5V] 형식은 R 회사는 5개, S 회사는 6개에

서 점화가 되었으므로 5개 이상을 직렬연결 사용하면 위험하다.

- (5) 6 DM[9V]와 4 R 25[6V] 형식은 회사별 구분없이 건전지 1개의 자체 단락 전류에 의해 점화되었으므로 본질안전 방폭기기에 사용하면 위험하다.
- (6) 6 F22[9V]와 4DM[6V] 형식은 회사별 구분없이 건전지 1개의 자체 단락 전류에 점화가 되지 않았으므로 본질안전 방폭기기에 사용이 가능한 것으로 사료된다.

표 1. 건전지의 최소점화한계(직렬 접속한 경우)

형 식	공칭전압(V)	10개의 평균전압(V)		점화된 건전지수(개)		대상가스
		R회사	S회사	R회사	S회사	
R 6	R Type	1.5	1.66		11	수소-공기 21 ± 2vol%
	H Type	1.5	1.66		11	-
	KType	1.5	1.66		11	-
R 14	1.5	1.66	1.68	9	10	-
R 20	1.5	1.61	1.66	9	9	-
LR 6	1.5	1.60	1.60	5	6	-

표 2. 건전지의 점화(자체)

형 식	공칭전압(V)	10개의 평균전압(V)		점화유무		대상가스
		R회사	S회사	R회사	S회사	
6 DM	9	9.80	10.10	유	유	수소-공기 21 ± 2vol%
6 F22	9	9.90	10.00	무	무	-
4 DM	6	6.50	6.70	무	무	-
4 R 25	6	6.50	6.70	유	유	-

이상의 결과에서 알수 있는 것과 같이 건전지의 단락전류에 의한 폭발성 가스에의 점화유무는 각 회사별 형식별로 차이가 있었다.

특히 LR 6 [1.5V] 형식은 알칼리 건전지로서 망간 건전지인 R6[1.5V] 형식과 전압, 모양과 크기가 동일 하지만 폭발성 가스에 점화되어지는 건전지의 수가 다른 것을 알 수 있다.

또한 6DM[9V]와 6F22[9V], 4DM[6V]와 4R25[6V]는 각각 전압은 같으나 폭발성 가스에의 점화 유무가 각각 다르게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

일반적으로 폭발성 가스에의 점화한계는 회로의 전압과 전류에 관계가 있다⁹⁾. 따라서 전압이 동일한 건전지에서도 점화의 양상이 각각 다른것은 건전지 자체 내부저항에 의한 방전전류가 각각 다르기 때문에 나타나는 현상이라고 판단된다.

5. 결론

본 논문에서는 IEC 형 불꽃점화 시험장치를 이용하여 현재 국내에서 시판되고 있는 건전지의 본질

안전 방폭성능을 평가하였다. 그 결과 건전지 자체의 단락전류에 의해 폭발성 가스(수소-공기혼합가스 21Vol%)가 점화되어지는 한계는 각 회사별, 형식별로 각각 다르기 때문에 건전지를 내장하는 휴대형 본질안전 방폭형 전기기기를 설계, 제작, 사용할때는 기기 자체의 특성에 맞는 건전지를 선택하여야 한다.

<참고문헌>

- (1) IEC, "Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Construction and test of flameproof enclosures of electrical apparatus, "Publication 79-1, 1979.
- (2) IEC, "Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Construction and test of intrinsically-safe and associated apparatus, "Publication 79-11, 1976.
- (3) 田中隆二, "本質安全 防爆電氣 回路に關する基礎的研究." 勞働性 産業安全研究所, PP 3-122, 1970.
- (4) IEC, "Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Spark test apparatus for intrinsically-safe circuits, "Publication 79-3, 1972.
- (5) R. Holm, "Electric Contact Handbook," P308. 1958.