

가연성가스에 대한 정전기 대전방지복의 정전기 위험성 평가

정재희*·서대원*·구자혁*·이영철**·조병학**,
박성수**·류근창**·홍성경**·김준호**
(*국립서울산업대학교, **한국가스공사연구개발원)

(2000년 5월 30일 접수, 2000년 6월 19일 채택)

Hazard analysis for electrostatic of Electrostatic removing wear about combustible gas

Chung jae hee*, Seo dae won*, Koo ja hyeuk*, Lee yuung chul **,
Cho byung hak**, Park sung soo**, Rew keun chang**

*Seoul National University of Technology, **Korea Gas Corporation, R&D Center
(Received 30 May 2000 ; Accepted 19 June 2000)

요 약

가연성가스의 정전기 대전방지복에 대한 정전기 위험성 평가결과 사용기간에 따라 대전압이 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 대전전하량은 정전기 대전 방지복의 기준치인 $0.6\mu C$ 이하였다. 대전압이 증가하는 원인은 일반섬유의 부풀음 현상 및 기타 현상 때문으로 판단된다. 또한, 제전 방한복('96)의 대전전하량은 $0.82\mu C$ 로 화재·폭발 가능성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 이에 대한 개선 및 관리대책이 요구된다.

Abstract - As a result of electrostatic hazard analysis of electrostatic removing wear about combustible gas, in accordance with using period, character of charge voltage is shown that propensity is increased. but character of electrostatic charge amount is below standard($0.6\mu C$) of the hazard of electrostatic removing wear. It would seem that character of charge voltage is raised because of swelling phenomenon of the normal fiber and other phenomena. Besides, In some case '96 parka of electrostatic removing wear shown as $0.82\mu C$ that exceed the uppermost limit of the fire and explosion. Therefore, countermeasure or improvement and control are needed.

Key words : Combustible Gas, Charge Voltage, Electrostatic Charge Amount, Electrostatic removing wear

1. 서 론

가연성가스의 생산 및 운영과정에서 작업자의 작업복에 의한 화재·폭발을 방지하기 위하여 정전기 대전방지 작업복(이하 제전복이라 함)을 착용하고 있다. 그러나 사용기간이 경과함에 따라 정전기 대전압의 증가로 인해 가연성가스의 화재·폭발 가능성이 제기되고 있다.

[1,7] 따라서 현재 가연성가스의 생산 및 공급설비의 안정적인 운영 및 화재·폭발의 위험성을 근본적으로 방지할 수 있는 작업복의 기준정립이 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 현재 Liquefied Natural Gas(이하 LNG라 한다) 및 Liquefied Petroleum Gas(이하 LPG라 한다) 등 가연성가스를 취급하는 사업장에서 정전기에 의한 화재·폭발에

방하기 위해 착용하는 제전복에 대한 위험성을 평가함으로써, 향후 가연성 가스의 정전기에 의한 사고 예방의 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. LNG 및 LPG의 최소착화 에너지 측정

본 연구에 사용된 최소착화에너지 측정장치(제작사 : 日本春日電氣)의 회로도 는 Fig. 1 에 나타냈다. 측정회로에서 사용한 콘덴서 C₁은 5pF, 10pF를 사용하였으며, 폭발용기의 전극전원을 공급하는 고전압 전선의 부유 정전용량은 1.6pF(임피던스측정기:HP4192B)이었다.

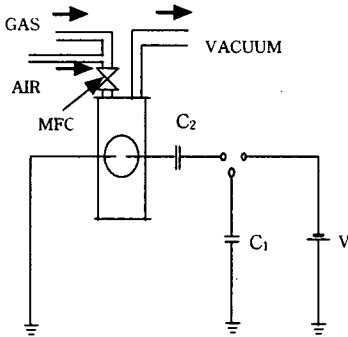


Fig. 1. Circuit of MIE Measurement System

최소착화에너지(MIE)는 LNG 및 LPG의 농도와 콘덴서에 인가되는 전압을 변화시키면서 착화가 발생하는 인가전압을 측정하여 아래의 식(1)에 의해 구하였다.[9,10]

$$E = \frac{1}{2} C_1 V^2$$

$$= \frac{1}{2} (C_1 + C_2) \left(\frac{C_1}{C_1 + C_2} \times V_1 \right)^2 \dots (1)$$

where, E : 방전에너지[J],
 V : 인가전압[V]
 C₁ : Capacitance[F]
 C₂ : 부유 Capacitance [F]

2.2. 대전압 및 대전 전하량 특성 실험

제전복의 사용기간이나 세탁 등에 의한 정전기 대전압을 한국산업규격(KS)의 직물 및 편성물의 대전성 시험 방법(KS K-0555, 온도 20±

2°C, 상대습도 40±2%RH)으로 측정하였다.[3]

본 실험에 사용된 제전복은 현재 LNG 공급관리소(한국가스공사)에 근무하는 작업자들로부터 '89, '90, '95, '96, '97, '99 지급된 것을 사용하였다(단, 실사용의 년수는 일정하지 않음, 나일론 35%, 폴리에스테르 65%, 도전성 섬유 혼입). 또한, 세탁횟수에 따른 대전압 측정실험은 상기 제전복과 동일한 원단을 사용하여 1회~30회까지 세탁(KS K0465, 정상사이클, 세탁온도: 40±3°C, 텀블 건조, 1회)을 통해 측정하였다.[4] 대전 전하량 측정(KS K-7807)장치는 패러데이케이지, 커패시터 및 전위계로 구성되어 있다. 또한, 국내에서는 정전기로 인한 작업복의 화재·폭발 예방기준(KS K7807, 1998)을 대전전하량 0.6 μC(1점당)로 하고 있다.[8]

2.3. 도전성 섬유 및 일반 섬유의 형상

도전성 섬유는 주로 Polyester와 내부의 Carbon으로 구성되어있으며, 대표적인 도전성 섬유의 단면도를 Fig. 2에 나타냈다.[5]

그리고 세탁회수와 제전복 섬유의 변형관계를 측정하기 위해 전자현미경(이하 SEM)이라 한다. 일본 JEOL, JSM-6400)을 사용하였다.

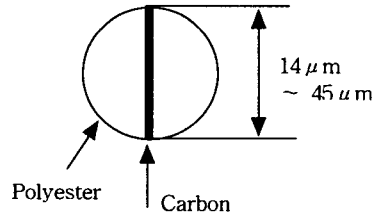


Fig 2. Section of conductive fiber.

Table 1. The Relation between MIE and density of LNG & LPG.

구분	폭발농도 (Vol %)	MIE(mJ)
LNG	8.8~9.0	0.28~0.29
LPG	5.2~5.5	0.26

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. LNG 및 LPG의 MIE

정전기 방전 조건을 일정하게 한 후 LNG 및 LPG의 농도와 MIE의 관계를 Table 1에 나타냈

다. LNG 의 MIE는 농도 8.8~9.0Vol%에서 0.28~0.29mJ로 나타났으며, LPG의 MIE는 농도 5.2~5.5Vol%에서 0.26mJ로 나타났다. LNG 및 LPG의 농도와 MIE의 결과는 기존의 문헌치와 잘 일치하였다.[2,6]

Table 2. Charged voltage of due to time lapse of electrostatic removing wear.

구 분	지 급 년 도					
	미사용	97년	96년	95년	90년	89년
대전압 (V)	71	303.7	567.8	120.8	65.8	561.6

3.2. 제전복의 대전압 특성

제전복의 사용 년도 경과에 따른 대전압 측정결과를 Table 2에 나타냈다. '97부터 사용한 제전복의 경우 약 300V, '96; 570V, '89; 560V 로 대전되어 전반적으로 대전압이 높아지는 경향이 나타났다. 그러나, 상대적으로 미사용 제전복과 '90, '95의 제전복의 경우, 대전압이 크게 나타나지 않았다. 이것은 제전복의 제전성능이 작업자에게 지급 년수에 의해 직접 영향을 미치는 것이 아니라, 작업복의 실 사용시간 및 세탁 등과 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

따라서, 대전압 상승의 원인을 분석하기 위하여 동일한 제전복을 사용하여 세탁횟수와 대전압의 관계를 Fig. 3에 나타냈다. 실험 결과 세탁횟수의 증가에 따라 전반적으로 상승하는 경향이 나타났다. 특히 동복의 경우 30회 세탁한 경우 약 500V로 미사용 제전복의 약 7배로 상당히 큰 대전압이 나타났다.

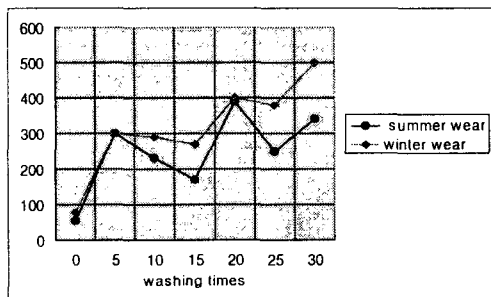


Fig 3. The relation between washing quantity and charged voltage

이러한 대전압 상승원인을 분석하기 위하여 도전성 섬유에 물리적 손상 등 표면상태의 변형을 Fig. 4에 나타냈다. Fig. 4와 같이 미사용과 30회 세탁한 후, 도전성 표면의 물리적 변형은 SEM을 통해 비교하였을 때 명확하지 나타나지 않았다.

따라서, 도전성섬유의 손상 및 변형에 따라 코로나 방전 감소 등의 제전 능력 저하 영향은 비교적 크지 않을 것으로 판단된다. 그러나, 향후 도전성섬유의 전기 화학적 변형 및 영향에 대한 정확한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

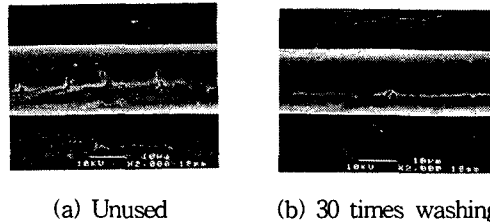


Fig. 4. The comparison unused with 30 times washing of conductive fiber (×2000)

한편, 일반섬유의 세탁횟수와 부풀림 현상의 관계를 Fig. 5에 나타냈다. 일반섬유의 부풀림 현상은 세탁 횟수에 따라 크게 나타나고 있으며, 이로 인해 정전기가 발생할 표면적이 증가로 대전압이 상승할 것으로 판단된다.

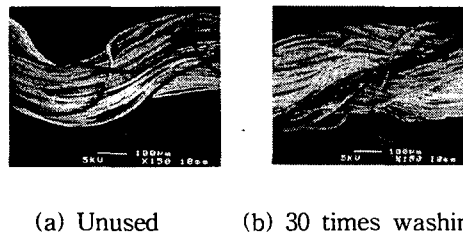


Fig. 5. The comparison unused with 30 times washing of general fiber

3.3. 대전 전하 특성

대전전하특성 실험은 Table 3의 정전기 대전 전위가 높게 나타난 '89, '96의 제전복 및 제전 방한복을 대상으로 구분하여 측정하였으며, 각각 Table 3, 4에 나타냈다.

89년, 96년 제전복인 경우, 제전복의 위험성의 기준치인 0.6μC를 초과하지 않는 것으로 나타났

다(Table 4). 그러나 3. 2의 제전복의 대전압 측정 실험에서 나타난 사용기간이나 세탁횟수의 증가에 따른 대전전위 상승특성과 일치하지 않았다. 따라서 향후 여러 변수를 고려해 연구할 필요가 있다고 사료되어진다.

그러나 일반 제전복 보다 상당히 부피가 큰 제전 방한복의 경우는 미사용 0.58 μ C가량으로 기준치에 가까웠으며, 사용년수 3년의 경우는 가연성가스의 화재·폭발 위험 한계치를 넘는 0.820 μ C로 폭발의 위험성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 제전방한복에 대한 개선 및 관리 대책이 요구된다.

Table 3. Electrostatic charged amount of electrostatic-removing wear[μ C]

구분		지급년수	
		89	96
제전복	전하량	0.151	0.177
	사용년수	10	3

Table 4. Electrostatic charged amount of electrostatic removing parka[μ C]

구분	제전방한복			
	96년	00년1	00년2	00년3
전하량	0.82	0.580	0.569	0.584
사용년수	3년	0	0	0

4. 결 론

LNG 및 LPG의 MIE, 마찰 대전압, 대전 전하량을 실험한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) LNG의 MIE는 0.28~0.29mJ (8.8~9.0 Vol%), LPG의 MIE는 0.26mJ(5.2~5.5Vol%)로 나타났다.

- 2) 사용기간의 증가에 따른 제전복의 대전압 특성은 전반적으로 높아지는 경향을 나타냈다(단, 실제사용 년 수 고려함). 이것은 일반섬유의 부풀음 현상 및 기타 현상 때문으로 판단된다.
- 3) '96 제전 방한복의 경우는 0.82 μ C로 화재·폭발 가능성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 이에 대한 개선 및 관리대책이 요구된다.

감 사

본 연구는 한국가스공사 연구개발원의 지원으로 수행되었으며 지원에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 정재희 외 5인, "전기안전공학", 동화기술, pp 487~508, 1998
- [2] Lee young chul etc, "A study on gas explosion of Dummy existent in close space", The lecture paper of Korea Industrial Safety Institute, pp 87~92, 1999
- [3] KS , Korea Standard K-0555 , 1995
- [4] KS , Korea Standard K-7807, 1998
- [5] 월간 전기기술, 35권 7호, pp38~42, 1998
- [6] Lee jae keung, "Combustion Engineering", pp134~142, 1993,
- [7] 小野雅司, "Preventing electrostatic hazards of human" Institute of Electrostatics Japan, pp125~132, 1991
- [8] 労働省産業安全研究所 "靜電氣 安全指針", pp.43-45, 1988.
- [9] 정재희 외 5인, "정전기의 기초와 장·재해 방지" 응보출판사, 1996
- [10] 정재희 외 1인 역저, "정전기 재해와 장해방지", 성안당, 1996