

차량용 시가 켜의 장착 실태조사 및 트래킹 특성 분석

최 충 석

전주대학교 소방안전공학과
(2009. 5. 8. 접수 / 2009. 8. 8. 채택)

Examination on the Mounting Status of Cigar Lighter Receptacle for Vehicles and Analysis of its Tracking Characteristics

Chung-Seog Choi

Department of Fire Safety Engineering, Jeonju University
(Received May 8, 2009 / Accepted August 8, 2009)

Abstract : This study examined the mounting status of cigar lighter receptacles for vehicles and analyzed the tracking phenomenon that occurs when foreign material entered a cigar lighter receptacle to obtain data for the analysis of accident investigation. Regardless of the vehicle's output, cigar lighter receptacles are mounted in a vehicle horizontally, vertically, or at tilting or inclined angle. The tilting type cigar lighter receptacle is much easier to use but current leakage resulting from foreign materials (coffee, beverages, water, etc.) falling into the cigar lighter receptacle may cause a fire to start. This study used a vehicle battery (DC 12V) as a power supply for the tracking test and configured its circuit in the same way as that of an electrical device in a vehicle. The tracking phenomenon that occurred in the standby mode of the vehicle exhibited a fine flame and an irregular occurrence of smoke. While this tracking phenomenon was occurring, the leakage current and the reaching distance of the flame were measured to be approximately 930mA and 20~50cm, respectively. It is thought that the resultant flame may ignite toluene, dust, cigarettes, etc. It was observed that as the tracking progressed, the internal metal socket melted and a hole was created, the surface of which was also severely carbonized. In addition, the electrical resistance of the carbonized conductive path was measured to be approximately 30Ω. It is thought that this much resistance may cause local heating when leakage current flows and could ignite any nearby flammable material.

Key Words : cigar lighter receptacles, tracking phenomenon, accident investigation, leakage current

1. 서론

전기에너지는 화석연료 에너지보다 에너지 활용도가 높고 효율성 등이 우수하다. 따라서 전기에너지를 이용한 설비 및 기기의 보급은 매년 증가하고 있다. 전기가 시스템 및 기기 등에서 흐르게 되면 필연적으로 줄의 법칙에 근거한 발열을 한다. 이때 발생한 열을 적절하게 방사시키지 못하면 축적된 열에 의해 절연이 파괴된다. 전기의 사용에 따른 사고의 유형은 단락, 과부하, 접촉 불량, 누전, 반단선, 트래킹 등이 있다. 일반적으로 전기 에너지를 이용하는 기계 기구에서 발생하는 화재를 발화원으로 분류하면 전기를 이용하는 전기배선 및 전기기기에 의한 출화, 누전 경로에 의한 출화, 정

전기 불꽃에 의한 출화 등이 있다. 누전에 의한 출화는 전기가 새어나가는 누전점, 금속체(도체)에 흘러 들어가는 접지점, 불꽃이 발생하는 출화점 등이 적절할 때 발생한다. 회로나 시스템에서 접지점을 한정하는 것은 쉽지 않지만, 이 경우에는 출화점을 구성하는 금속부재가 접지되어 있는 것을 입증하면 된다¹⁻³⁾.

전기에너지는 사용의 범위와 대상이 다양하게 확대되고 있으며 대표적인 분야 중의 하나가 자동차의 전기시스템 및 설비이다. 차량의 전기시스템은 발전기(alternator)에서 전기에너지를 발생시켜 배터리(battery)에 의해 화학에너지로 변환하여 저장한 뒤, 차체의 다른 전기기기에 에너지를 전달하는 기능을 수행한다. 자동차의 배선 회로는 전원(power source), 도선(conductor), 단자(terminal), 퓨즈(fuse)와 같은 회로 보호기(circuit protector), 과전류가 흐를

때 회로를 차단하는 퓨저블 링크(fusible link) 회로 차단기(circuit breaker), 접속기(connector), 스위치(switch), 부하(load), 접지(ground) 등이다. 일반적으로 차량의 전기시스템에 사용되는 배선의 총연장은 약 1,500m이다^{4,5)}.

차량에 추가로 탑재되는 전기 장치 및 통신 기기는 지리정보시스템(GPS; Global Position System), 디지털다중방송(DMB; Digital Multimedia Broadcasting), MP3(medium playing record), DVD(digital video display), 하이패스단말기(high pass terminal) 등이 있다. 즉 차량이 제작될 때 검증된 설계 기준에 의해 탑재된 전기시스템에 의해 사고가 발생할 가능성은 매우 낮다. 그러나 운전자의 기호에 의해 임의로 회로를 변경하거나 전기시스템을 설치하는 경우 전원의 공급은 시가 잭이나 파워 아웃렛 잭을 이용한다. 그런데 운전자가 시가 잭 주변에 커피, 음료수, 물 등의 액체를 부주의로 었지르는 경우 그 액체가 시가 잭에 흘러 들어가 트래킹에 의한 사고로 추정되는 사례가 보고되고 있다^{6,7)}.

따라서 본 연구에서는 국내에 시판되고 있는 차량용 시가 잭의 정착 실태를 조사하여 장착 각도를 제시하는데 있다. 또한, 시가 잭에서 트래킹 현상이 발생할 때의 특성을 분석하여 차량 화재조사 및 원인 규명의 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 실험 방법

트래킹에 의한 시가 잭의 소손 패턴 해석을 위해 전원은 차량용 배터리(DC 12V)를 사용했으며, 회로는 실차의 전기 장치와 동일한 경로로 Fig. 1과 같이 구성하였다. 배터리를 통해서 공급된 전기는 정격전류 15A 퓨즈를 이용하여 과전류에 의한 회로를 보호하도록 되어 있다. 부하는 무부하 상태 즉 대기모드(standby mode)인 상태에서 시동용 열

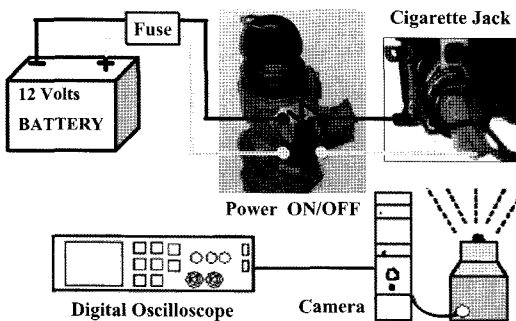


Fig. 1. Schematic diagram of experiment for tracking reappearance.

쇠(Key)를 켜짐(ON)으로 하고 화염 발생 유무에 대한 실험을 실시하였다. 사용된 시가 잭은 시판되는 ○○○승용차에 장착되어 있는 것을 발취하여 실험에 적용했으며, 임의로 변형 또는 개선 등이 없는 상태에서 실시하였다.

트래킹 현상이 유발된 실험실의 주위 온도는 21±2℃, 습도 50±5%이다. 실험의 신뢰도와 정확한 데이터 취득을 위해 오실로스코프(TDS-3052, Tektronics, USA)를 이용하여 전류의 흐름을 실시간으로 측정하였고, 시가 잭 주위의 열확산 패턴은 열화상카메라(TVS-8500, AVIO, Japan)를 이용하여 해석하였다. 또한, 소손된 시가 잭의 절연저항은 멀티미터(Multimeter, HC-260TR, Protek, Korea)를 이용하여 측정하였고, 소손된 시가 잭의 소손 패턴 해석은 실제 사진으로 제시하였다.

3. 결과 및 고찰

시가 잭은 차량에 설치되어 운전자가 필요한 열원(heat source)의 확보 및 전기기기의 작동용 전원을 공급 받는 단자(terminal)로 활용된다. Table 1은 국내에 시판되고 있는 차량 시가 잭의 장착 각도와 등급을 조사하여 나타낸 것이다. 차종에 따라 다양한 장착 각도로 장착되고 있음을 알 수 있고, 등급 역시 특별한 차이가 없는 것으로 조사되었다.

Table 1. Installation angle of cigar jack by the model of a car

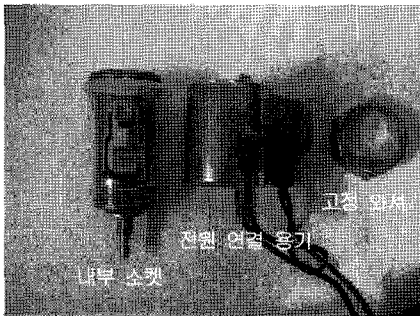
차종	각도, °	등급	범위, °
NF 쏘나타	0	대형	0~20
EF 쏘나타	0	대형	
뉴 SM3	15	중형	
베르나	20	소형	
뉴 EF 쏘나타	25	대형	21~50
아반테 HD	30	중형	
프라이드	30	소형	
쏘나타 II	32	대형	
TG 그랜저	35	고급형	
에쿠스	35	고급형	
SM 5	40	대형	
오피러스	45	고급형	
토스카	45	대형	
체어맨	50	고급형	
SM 7	60	고급형	51~90
모닝	90	RV	

차량의 종류에 따라 장착되는 형태도 수평형, 경사형, 틸트형, 수직형 등으로 나눌 수 있다. 가장 보편적으로 사용되는 방식은 사용자의 편의성을 고려하여 대각선 형태(경사형)인 것으로 확인되었다.

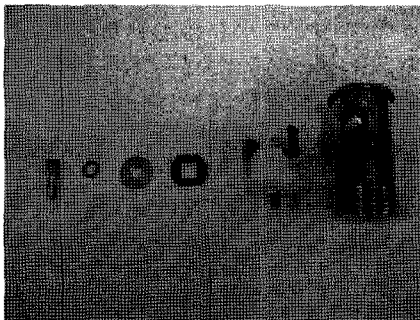
차량용 시가 잭은 Fig. 2(a)와 같은 형태로 차량에 장착되어 사용된다. Fig. 2(b)는 시가 잭 외형을 분해한 것으로 내부 소켓, 전원 연결 케이스, 고정 원형 와셔 등으로 구성되어 있다. Fig. 2(c)는 시가 잭 내부의 구성 부품을 나타낸 것으로 텅(+), 금속 와셔(2개), 절연체(페이크라이트), 세라믹 절연체(+전극 지지대), 금속 케이스(-) 등으로 구성되어 있음을 알 수 있다.



(a) Cigar jack placed on vehicles



(b) External form dissolution of cigar jack

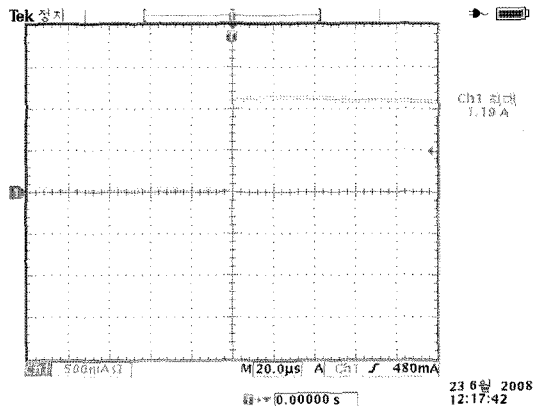


(c) Inside dissolution of cigar jack

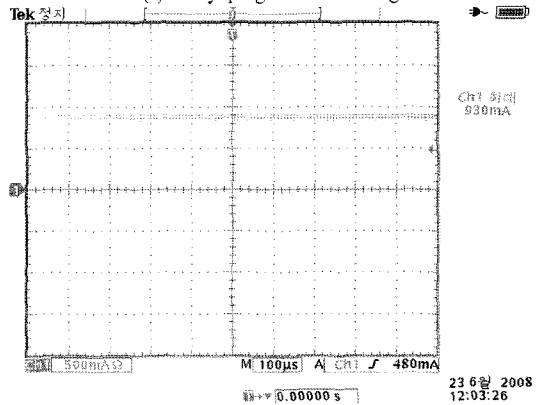
Fig. 2. Stereoscopic photograph of cigar jack established on vehicles.

시가 잭이 수평으로 설치되어 있는 수평형은 이물질(동전, 먼지, 물기 등)의 유입은 어려운 반면 사용자의 편리성은 좋지 않고, 경사형은 사용자의 편리성은 우수하나 이물질의 유입은 쉬운 것을 알 수 있다. 특히 경사형의 시가 잭은 주변에 액체의 이물질이 들어가는 경우 표면을 깨끗하게 제거하더라도 안쪽의 틈(흡)에 잔량의 액체가 존재하므로 누전 경로를 형성하는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 액체가 흘러 들어가면 내부를 분해하여 이물질을 제거하고 건조한 상태를 확인한 후에 사용하는 것이 사고예방의 중요한 요소이다.

Fig. 3은 무부하 상태 즉 대기모드(standby mode)인 상태에서 시동용 열쇠(Key)를 켜짐(ON)으로 하고 시가 잭의 내부에 이물질(물)이 흘러들어가 양극(+)과 음극(-) 사이에 전류가 흐를 때의 초기 특성 및 트래킹이 연속 진행될 때의 전류 특성 곡선을 나타낸 것이다. Fig. 3(a)는 이물질(물)이 시가 잭의 내부에 유입된 직후의 전류 곡선으로 초기의



(a) Early progress of tracking



(b) Progression of tracking

Fig. 3. Change of electric current by progress of tracking.

전류는 변화가 없이 0A(절연 상태)를 유지하다가 수초 이내에 불규칙적인 통전 경로에 따른 전류는 약 1.19A까지 상승하였으며 불안정한 전류 곡선이 관측된다.

그러나 수초가 지난 후 안정적인 미소방전의 발생과 전류 곡선을 보이는 것을 Fig. 3(b)에서 알 수 있었다. 안정된 상태의 미소방전이 지속될 때의 전류는 930mA 정도로 관측되었으며, 퓨즈의 용단 및 이상 징후는 시스템적으로 반응하지 않았다. 즉 과전류에 의해 차량의 소손을 방지하기 위해 설치된 퓨즈의 정격 전류가 15A에 비해 누설전류는 매우 적으므로 시스템을 보호할 수 없는 것을 알 수 있다. 그러나 육안으로 관측이 가능한 미소한 불꽃과 연기가 반복적으로 발생하는 것을 확인할 수 있다.

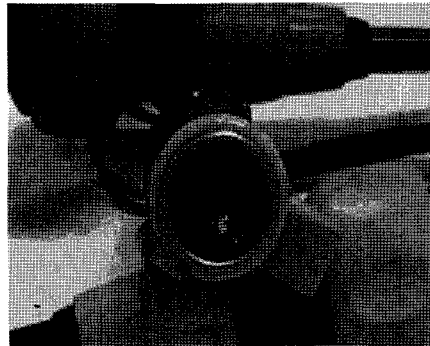
Fig. 4는 무부하 상태 즉 대기모드(standby mode)인 상태에서 시동용 열쇠(Key)를 켜짐(ON)으로 하고 시가 잭의 내부에 이물질(물)이 흘러들어가 양극(+)과 음극(-) 사이에 누설전류가 흐를 때 초기의 미소 불꽃 및 연기 발생, 화염의 방사 등의 과정을 나타낸 것이다. Fig. 4(a)는 누설전류에 의한 누전 경로의 형성을 나타낸 것이다. 시가 잭의

표면은 약간 온도가 증가하는 것은 인지할 수 있으나 특이 사항은 없다. Fig. 4(b)는 탄화도전로의 생성에 따른 국부적인 미소 방전이 발생하며, 육안으로 확인이 가능한 불꽃이 확인된다. Fig. 4(c)는 화염의 비산을 확인할 수 있으나 주위의 착화 가능성은 낮은 것으로 판단된다. Fig. 4(d)는 트래킹 발생의 최종단계로 지속적인 화염의 발생은 물론 금속 부분의 용융과 방사가 동시에 일어남을 알 수 있다. 화염의 방사 거리는 상황에 따라 차이는 있으나 20~50cm 이상으로 관측되었다. 이 정도의 불꽃과 비산 용융물이라면 주위에 유기물(벤젠, 톨루엔 등), 먼지, 목분, 기름때, 분말(밀가루, 전분 등), 담배 등에 착화가 가능하다¹⁰⁾.

Fig. 5는 Fig. 4의 과정이 완료된 후의 시가 잭의 실제 사진을 나타낸 것이다. 금속 텀(+) 텀개를 제거한 사진으로 금속 와셔와 내부 케이스 사이에 용융된 흔적을 확인할 수 있다. 즉 이물질이 내부로 흘러들어 누전 경로를 형성하고 지속적인 미소 방전과 불꽃을 수반한 트래킹의 진전에 의해 절연체(페이크라이트)가 기능이 상실되어 단락에 준하는 통전 특성을 나타내는 것이다. 실제사진에서도 알



(a) Formation of leakage path



(b) start of scintillation



(c) Scattering of flame



(d) Flame and emission of melting material

Fig. 4. Spread pattern of flame by tracking fire.

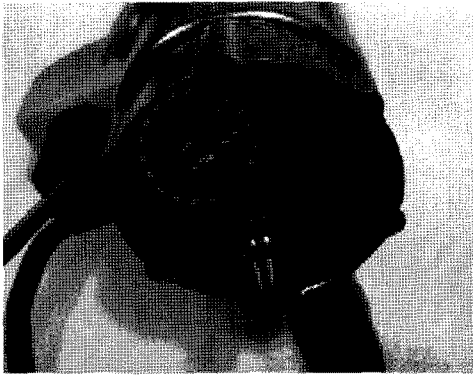


Fig. 5. Stereoscopic photograph of cigar jack damaged by tracking.

수 있듯이 내부 소켓과 양극(+) 사이에 형성된 도전로에 의해 금속이 용융되어 구멍(;)이 발생되었고 표면도 심하게 탄화된 것이 확인되었다.

일반적으로 금속의 용융 온도가 1,500℃ 이상으로 알려져 있으므로 트래킹에 의해서 생성된 화염의 온도는 최소 1,500℃ 이상이라는 것을 추정할 수 있다. 따라서 화염의 방사 범위 이내에 가연성 물질(분진, 유기물, 먼, 담배 등)이 있으면 충분히 출화로 이어질 수 있다.

Fig. 6은 트래킹에 의해 소손된 시가 잭의 전기 저항 특성을 측정한 실체사진이다. 멀티테스터(Protex, HC-260TR, Korea)를 이용하여 시가 잭의 양극(+)과 음극(-) 사이의 절연저항을 측정한 결과 약 30Ω으로 확인되었다. 정상 시가 잭의 경우 저항 값은 무한대로 측정되는 것이 요구된다. 그런데 소손된 시가 잭의 저항은 발열체 수준을 나타내는 것으로 보아 전류가 흐르면 국부적으로 발열될 수 있고 주위에 가연물이 있는 경우 출화의 가능성도 배제할 수 없다.

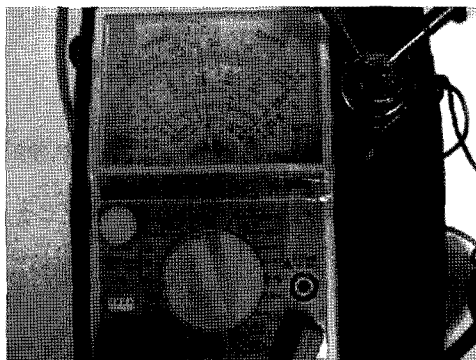


Fig. 6. Electricity resistance characteristics of cigar jack damaged by tracking.

4. 결론

국내에 시판되는 차량의 시가 잭 설치 형태를 조사하고, 시가 잭에 이물질(물)이 유입되어 트래킹 현상이 진행 될 때의 특성을 해석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 국내에 시판되고 있는 차량 시가 잭의 장착 각도와 등급을 조사한 결과 차량의 종류에 따라 수평형, 경사형, 틸트형, 수직형 등으로 확인되었고, 가장 보편적으로 사용되는 방식은 사용자의 편의성을 고려하여 경사형인 것으로 확인되었다.

2) 경사형 시가 잭은 사용자의 편리성은 우수하나 이물질(커피, 음료수, 물 등)의 유입에 따른 누설 전류에 의한 사고의 가능성이 있음을 알 수 있다.

3) 대기모드(standby mode)인 상태에서 시동용 열쇠(Key)를 켜짐으로 하고 시가 잭의 내부에 이물질(물)이 시가 잭의 내부에 유입되어 안정된 상태의 미소방전이 지속될 때의 전류는 930mA 정도로 측정되었다.

4) 트래킹 현상의 최종단계에 발생한 화염의 방사 거리는 상황에 따라 차이는 있으나 20~50cm로 측정되었다. 이 정도의 불꽃과 비산 용융물이라면 주위에 유기물(벤젠, 톨루엔 등), 먼지, 목분, 기름 때, 분말(밀가루, 전분 등), 담배 등에 착화가 가능하다.

5) 내부 소켓과 양극 사이에 형성된 도전로에 의해 금속이 용융되어 구멍이 발생하였고 표면도 심하게 탄화된 것이 확인되었다. 트래킹에 의해서 생성된 화염의 온도는 최소 1,500℃ 이상으로 추정된다.

6) 트래킹에 의해 소손된 시가 잭의 저항은 약 30Ω으로 측정되었다. 이 정도의 저항이면 전류가 흐르면 국부적으로 발열될 수 있고 주위에 가연물이 있는 경우 출화의 가능성도 배제할 수 없다.

참고문헌

- 1) 최충석 외 5, “전기화재공학”, 도서출판 동화기술, pp. 189~198, 202, 2004.
- 2) 최충석 외 2, “과전류에 의해 용단된 소선의 특성 해석에 관한 연구”, 한국산업안전학회 논문지, 제 19권, 제1호, pp. 60~65, 2004.3.
- 3) 최충석 외 2, “외부화염에 의해 소손된 비닐코드의 단락 특성에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, 제18권, 제4호, pp. 72~77, 2004.12.
- 4) 東京消防廳, 新火災調査教本 第8巻 車輛火災編,

- pp. 105 ~114, 2007.
- 5) 선우 명호 외3 공역, “자동차공학”, pp. 236 ~248, 인터비전, 2004.
 - 6) KS R ISO 8820-1, “도로차량-퓨즈링크-제1부: 정의 및 이란 시험 요구 사항”, 2003.
 - 7) KS R ISO 8820-2, “도로차량-블레이형 퓨즈 링크-제2부: 치수”, 2003.
 - 8) 송길목, 최충석, 노영수, 곽희로, “트래킹에 의해 열화된 페놀수지의 탄화특성”, 대한전기학회논문지, 53C-1-1, pp. 1 ~7, 2004.1.
 - 9) ASTM D 2303-90, Standard Test Method for Liquid-Contaminant, Inclined-Plane Tracking and Erosion of Insulating Materials, ASTM.
 - 10) 김두현 외5, “전기안전공학”, 도서출판 동화기술, pp. 281 ~282,374, 1998.