

자동차 클러치, 수동변속기, 타이어 시스템의 마찰에 관련된 화재사례 연구

†이일권 · 문학훈* · 김진준**

대림대학교 자동차공학과, *오산대학교 자동차과, **호서대학교 산학협력단
(2015년 5월 15일 접수, 2015년 6월 25일 수정, 2015년 6월 26일 채택)

Study for Examples of Fire Including Friction with Automotive Clutch, Manual Transmission and Tire System

†Il Kwon Lee · Hak Hoon Moon* · Jin Jun Kim**

Department of Automotive Engineering, Daelim University College

**Department of Automotive Engineering, Osan University*

***Industry Academy Cooperation Foundation of Hoseo University*

(Received May 15, 2015; Revised June 25, 2015; Accepted June 26, 2015)

요약

이 논문의 목적은 자동차 클러치, 수동변속기와 타이어 시스템의 마찰에 관련된 화재에 대한 고장사례를 분석하고 연구하는 것이다. 첫 번째 사례는 반복적으로 클러칭하면서 자동차의 클러치 디스크가 플라이 휠의 접촉면과 접촉하면서 열에 의해 과열되어 이 열이 수동변속기의 외부로 흘러 고착된 오일 찌꺼기에 옮겨 붙어 화재가 발생된 것으로 확인되었다. 두 번째, 사례로 변속 장치는 기어와 기어의 접촉에 의해 동력을 전달한다. 변속기 오일이 변속기 케이스의 균열로 인해 오일 부족 현상이 일어나 변속기 케이스 상단의 퇴적물에 의해 화재가 발생된 것을 확인하였다. 세 번째 사례는 건조한 구덩이에서 빠져나오려고 반복적으로 가속페달을 작동시키면서 타이어와 도로의 마찰이 반복되면서 내부의 축적된 열에 의해서 화재가 발생된 것으로 확인되었다. 따라서, 운전자는 운전 중 마찰부에 화재가 발생하지 않도록 세심하게 관리하여야 한다.

Abstract - The purpose of this paper is to study and analyze the failure examples for fire by friction on clutch, manual transmission and tire system in a car. In the first example, the driver took the pedal with foot to act the clutch. But the clutch disk did not return from flywheel by leakage of clutch hydraulic line. The heat was produced between clutch disk and flywheel by surface contacting. As a result, it was produced the fire by oil sludge stucked with transmission. In the second example, the transmission system was operated to transfer power of engine by contacting with gear and gear. But, as if the oil of transmission was caused the oil insufficiency because of leaking by crack of transmission case, it found the fact that was produced the fire by deposit material on transmission case. In the third example, when the car's driver continuously pushed an accelerator pedal for escaping from dry pit, the tire took the heat by the friction force between tire and surface of road. As a result, it became the direct cause for the fire. Therefore the driver must manage not to produce the fire with friction parts by heating during running.

Key words : fire, friction, clutch, transmission, tire

†Corresponding author: iklee@daelim.ac.kr
Copyright © 2015 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

엔진에서 최근 자동차는 기계적인 메커니즘과 전기적인 신호를 이용한 최적제어와 이를 제어하기 위한 첨단 전자제어 시스템을 적용하고 있다. 또한, 전자제어 시스템은 각종 정보통신 시스템과 연결되어 최적의 자동차 제어에 이용되고 있고, 운전자의 편의성과 안락감을 위해 계속적으로 변화하고 있다. 자동차 엔진에서 발생된 동력은 효과적으로 동력을 발생시키는 엔진 시스템이 있다. 또한, 엔진에서 발생된 동력을 받아 자동차의 변속기를 통해 구동력을 전달하는 동력전달 시스템이 있다. 자동차의 구동력은 자동차를 움직이기 위해 구동축에 동력을 전달하여 바퀴를 구동시키게 된다. 동력 전달 시스템은 수동변속기로 전달되는 동력은 클러치를 통해 수동변속기라는 변속 시스템에 의해 전달되고 운전자가 운전중에 변속을 수동으로 함으로써 변속하는 시스템이다. 자동차는 운전중 클러칭할 때 클러치 디스크가 플라이휠에서 완전히 떨어지지 않고 부분적으로 계속 접촉하고 있으면, 플라이휠과 디스크 마찰표면에는 대단히 높은 마찰열이 공급된다. 이러한 현상은 특히 운전중 클러칭시 과부하를 많이 받는 경우에는 마찰열의 발생이 더욱 크다[1]. 마찰열이 발생할 때 화염원이 되는 이물질의 유입이 발생되면 화재가 발생할 수 있다. 그러나 변속시스템은 운전중에 운전자의 피로를 크게 하고, 변속할 때 마다 클러치를 밟아 주어야 하는 불편함으로 인해 자동차로 변속을 할 필요성이 제기되었다. 따라서, 이러한 목적으로 운전자의 편의성을 위해 자동으로 동력을 전달하는 자동변속기 시스템이 있다. 변속기의 내부에는 기어와 기어에 의한 동력이 전달되는데 이러한 전달력은 기어와 기어의 맞물림에 의한 구동 마찰력에 의해 동력이 전달된다. 또한, 변속기에서 나온 최종 구동력은 구동축을 통해 바퀴로 동력이 전달된다. 구동력은 자동차가 운행중 필요에 따라 바퀴와의 회전력을 강제로 감소시켜 자동차의 속도를 감소시키는 역할을 한다.

운행하는 자동차의 속도를 감속하기 위해서 자동차의 바퀴를 강제로 마찰재를 이용하여 마찰시켜 제어하는 데 이 때 열이 발생한다. 또한, 제어를 할 때 유압의 힘을 이용하여 제어하는 데 새시의 각종 시스템에는 적정량의 유압 오일을 주입한다. 그러나 오일이 담겨있는 부품의 케이스가 파손되거나, 균열이 발생되어 오일이 누유되거나, 또는 오일에 이물질이 유입되어 혼합되게 되면 오일의 성상이 변화할 수 있다. 이렇게 되면 동력을 전달하는 기어의 마찰열이 증가되어 열화[2]되거나 기어의 파손현상이 발

생될 수 있다. 따라서, 내부 기어 부품의 열화부에 화염원이 유입되거나, 접촉되면 화재가 발생할 수 있다. 미국 고속도로의 자동차 화재의 67%는 엔진, 구동기어와 휠 시스템에서 발생한다. 이에 반하여 2% 정도만 연료탱크와 연료라인에서 화재가 발생하는 것으로 발표되었다[3]. 미국 국가 화재 보호 협회는 자동차 화재 조사에 관한 가이드를 3년과 4년 주기로 발간하고 있다[4].

또한, 클러치를 작동한 다음 클러치 디스크의 리턴 불량현상에 의해, 운행중 타이어의 공기압이 과다하거나 타이어가 도로와의 과다 마찰열[5]에 의해 화재가 발생할 수도 있다.

따라서, 이 논문은 자동차 클러치, 수동변속기, 타이어에 의해 발생하는 화재와 관련된 고장사례를 조사하고 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

자동차는 엔진에서 받은 동력을 변속기를 거쳐 구동축으로 전달하여 바퀴를 구동하여 움직이게 된다. 이때 상대운동을 하는 부품사이에는 움직임과 정지함을 반복적으로 운동함으로 마찰력에 의한 마찰열이 발생한다. 이러한 마찰력에 의한 열의 영향에 의해 화재가 발생할 수 있다. Fig.1은 자동차 엔진과 새시 시스템의 조립된 사례를 보여주는 것이다.

2.1 관련 시스템

2.1.1 클러치 시스템

클러치는 자동차 엔진과 변속기 사이에 설치되어 엔진의 동력을 구동바퀴에 전달하거나 단속하기 위한

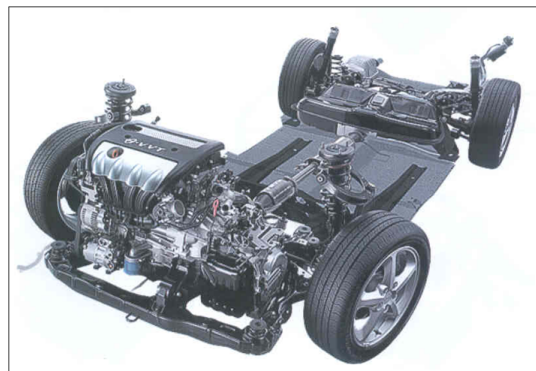


Fig. 1. Assembled example of automotive engine and chassis system.

시스템이다. 클러치는 동력을 차단할 때는 빠르게 동력이 끊어지고, 확실하게 작동해야 한다. 그리고 동력을 전달할 때는 슬립(slip)을 일으키면서 서서히 전달하고 일단 접속한 다음에는 미끄러짐없이 확실한 동력전달이 되어야 한다[6].

2.1.2 변속기 시스템

변속기는 클러치와 추진축 사이에 설치되어 엔진의 동력을 자동차의 주행속도에 맞도록 엔진회전을 적절히 변속하여 회전력을 증대시키거나 고속의 회전으로 바꾸어 주며 또한 엔진을 무부하 상태로 두거나 자동차를 후진하게 하는 역할을 하는 장치이다.

2.1.3 휠 및 타이어 시스템

휠은 타이어와 함께 자동차의 전체 중량을 분담 지지하고 구동 및 제동을 할 때, 노면으로부터의 충격을 받아 선회시 원심력과 자동차가 기울어졌을 때 발생하는 옆 방향으로의 휨 등에 견디어야 하며 또한 가벼워야 한다. 타이어는 휠에 끼워져 일체로 회전하며, 주행중에 노면에서의 충격을 흡수하고 제동을 할 때 구동 및 선회할 때의 노면과의 미끄러짐이 적어야 한다[7].

2.2. 자동차 클러치, 수동변속기, 타이어 시스템의 화재 진단방법

자동차의 채시 시스템은 엔진의 동력을 받아 이 동력을 변화시켜 자동차의 바퀴에 구동력을 전달하여 자동차를 움직이게 하는 매우 중요한 시스템이다. 자동차 엔진이 작동할 때 엔진의 구동력을 받아 자동차를 효과적으로 구동하게 하는 시스템으로 마찰력이 발생할 때 어느 시스템에 문제가 발생하게 되면 자동차는 이상 현상이 발생되어 움직일 수 없다. 최악의 상황에서는 마찰열에 의해 자동차 화재 현상으로 확대될 수도 있다. 따라서, 이러한 클러치, 수동변속기, 타이어 시스템에 관련된 화재진단 방법을 사례를 통하여 분석하여 본다.

III. 자동차 클러치, 수동변속기 타이어에 관련된 화재사례

3.1. 클러치 디스크 과열에 의한 화재 사례

1) 현상

운전자가 운전을 하면서 언덕을 오르던 중 엔진룸에서 연기가 나면서 화재가 발생하였다.

2) 분석

운전자가 자동차를 운전하던 중 부하를 많이 받

는 경사가 진 구역에서 클러치를 밟고 변속을 하던 중 엔진룸 내부에서 화재가 발생하였다. 초기에 엔진 룸 내부에서 나던 연기가 차를 세운 다음 순식간에 화염이 번지면서 자동차의 엔진룸의 많은 부분이 화염에 의해 손상되었다. 확인한 결과 이 자동차는 수동변속기를 장착한 자동차로 운전자가 클러치 페달을 밟고 가속페달을 밟으면서 경사진 곳을 오르려 하였으나, 클러치 디스크의 과다한 마모와 운전자의 클러칭하는 과대한 부하로 인하여 클러치가 플라이휠과 접촉되는 부분에서 반복적으로 미끄러지면서 엔진과 변속기 사이의 동력전달이 되지 않고 과다하게 마멸된 클러치 디스크 판이 마찰열에 의해 열을 받았고, 이 열이 클러치 외부에 누설되어 오랫동안 고착된 오일 찌꺼기가 화염원의 역할을 하여 불이 붙으면서 순식간에 엔진룸 전체로 옮겨붙은 화재로 확인되었다. 원인은 운전자가 경사진 길을 오르기 위해 반복적으로 클러칭하면서 자동차의 클러치 디스크가 플라이휠의 접촉면과 접촉하면서 열에 의해 과열되어 이 열이 수동변속기 부 외부로 흘러 고착된 오일찌꺼기에 옮겨 붙어 화재가 발생된 것으로 확인되었다. Fig. 2는 클러치 부위의 과열로 인해 소손된 사례를 보여주는 것이다.

3) 고찰

엔진에서 발생한 동력은 크랭크 샤프트를 통해 플라이휠로 전달된다. 클러치는 플라이휠과 마찰력을 이용하여 수동변속기의 입력 축에 동력을 전달하는 역할을 한다. 동력을 전달할 때 마찰 접촉면과의 지속적인 접촉이 유지되면 클러치 디스크 부는 마멸되어 열이 발생된다. 따라서, 엔진의 동력을 전달할



Fig. 2. Fire example producing by overheat of clutch.

때 문제가 발생되거나 고장현상이 발생되면 즉시 조치를 취해 시스템 관리에 문제가 없도록 해야 한다 [8,9,10,11].

3.2. 변속기 내부의 오일 부족으로 과열에 의한 화재 사례

1) 현상

운전중 엔진실에서 연기가 발생하면서 화재가 발생하였다.

2) 분석

이 자동차는 수동 변속기 장착 자동차로 226,500km를 주행한 자동차로 변속기 오일이 변속기 케이스에서 조금씩 누설되어 변속기의 작동기어들을 윤활하지 못해 운전중 변속기 오일유막이 없이 움직임으로 인해 변속기 내부에서 변속기 기어와의 마찰열에 의해 발생한 열에 의해 변속기 외부의 연소원으로 옮겨 붙어 화재가 발생한 것으로 확인되었다. 이 자동차는 운전자가 변속기 오일 점검을 거의 하지 않은 자동차로 변속기 케이스 부분에 오일 찌꺼기로 크게 오염되었고, 이러한 오염원에 의해 노후된 자동차로 변속기 케이스 상부에 오일의 찌꺼기와 같은 것들이 부착된 것에 의해 화재가 발생한 것으로 확인되었다. Fig. 3은 수동변속기의 오일 누설로 인한 윤활부족으로 인해 화재가 발생한 사례를 보여주는 것이다.

3)고찰

수동변속기는 운전중 운전자가 변속을 하게 되면 기어와 기어의 맞물림에 의한 기계적인 접촉에 의해 동력을 전달한다. 동력을 전달하는 과정에서 변속기의 케이스의 균열이나 파손에 의해 오일이 누유되거나



Fig. 3. Fire example by leaking of manual transmission fluid.

나 다른 시스템의 문제에 의해 오일이 없이 구동하게 되면 내부의 기어는 기계적인 열에 의해서 온도가 상승될 수 있다. 이러한 현상이 화염원을 일으킬 수 있는 물질과 혼합되면 화재의 원인이 될 수 있으므로 수동변속기 오일 부족으로 인한 화재가 발생하지 않도록 자동차를 철저히 관리하여야 할 것으로 판단된다.

3.3. 타이어 과열에 의한 화재 사례

1) 현상

자동차가 도로 옆 패인 건조한 구덩이(pit)를 빠져나오려고 하던 중 타이어에서 연기가 나면서 화재가 발생하였다.

2) 분석

운전자가 운전을 하다가 도로 옆 패인 건조한 구덩이에서 자동차를 이동하고자 가속페달을 밟아 자동차를 가속시키던 중 반복된 타이어와 도로의 마찰로 인해 타이어에서 연기가 나면서 화재가 발생하였다. 이에 운전사와 승객이 당황하여 자동차를 세워 잠시 피해 있었고, 불은 잠시후 소화기로 진화하였다. 원인은 운전자가 자동차의 공기압이 부족한 상태에서 움푹 들어간 구덩이에서 빠져나오기 위해 반복적으로 타이어에 부하를 주면서 타이어와 도로의 마찰에 의해 타이어의 트레드(tread)내부에서 열이 과대하게 축적되어 내부의 탈열량이 급격히 증가하여 가장 방열 효과가 나쁜 숄더(shoulder) 부위에 응력이 집중하고 고무와 코드에 피로 현상을 증가시켜 타이어에서 높은 열이 발생하였고 연기가 나기 시작하였다. 동시에 타이어와의 접촉부에선 연소를 가능하게 하는 종이(종이가 부착되어 이 종이에 불이 붙으면서 타이어에 불이 옮겨 붙었다. 일반적으로 타이어는



Fig. 4. Fire example by friction heat between tire and road.

회전할 때 자체하중과 굴신운동으로 노면과의 마찰에 의해 에너지는 소멸되는 반면 타이어 내부에 열이 축적되고 타이어의 온도가 증가한다. 즉, 이 사례의 경우에는 구덩이에서 빠져나오려고 반복적으로 가속페달을 작동시키면서 타이어와 도로의 마찰이 반복되면서 내부의 축적된 열에 의해서 화재가 발생된 것으로 확인되었다. Fig. 4는 타이어와 도로의 마찰로 인해 발생된 화재사례를 보여주는 것이다.

3) 고찰

운전자가 운전을 할 때는 자동차의 속도를 적정하게 유지하고, 과적을 피해야 하며 타이어의 적정 공기압을 점검한다. 또한, 장거리 고속주행을 할 때는 적절한 휴식을 통해 자동차 타이어의 온도를 낮춘다, 일반적으로 타이어의 온도는 2시간 운전할 때 10분 정도 휴식을 취하면 타이어 온도가 약 20℃ 정도 떨어진다[12]. 또한, 장기간 사용한 타이어는 내구성이 떨어져 타이어 내부에 열이 축적될 수도 있으므로 적정 마멸상태를 점검하여 타이어를 교체하여야 한다. 만약 타이어의 공기압이 적은 상태에서 운전을 하거나 타이어와 도로의 과대마찰을 유발하는 운전조건에서 운전을 하게 되면 타이어가 마멸현상을 일으키고, 심하면 자동차 화재로 이어질 수 있기 때문에 화재예방을 위해 타이어 관리를 철저히 하여야 한다.

IV. 결론

자동차 클러치, 수동변속기와 타이어의 마찰에 의한 화재 사례에 대한 현상을 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 이 사례의 화재 원인은 클러치 디스크가 플라이 휠의 접촉면과 접촉한 상태에서 리턴되지 않아 열에 의해 과열되어 고착된 오일찌꺼기에 옮겨 붙어 화재가 발생된 것으로 확인되었다.

2) 이 사례의 화재 원인은 운전자가 변속기 오일 점검을 거의 하지 않은 자동차로 변속기 케이스 부분에 오일 찌꺼기로 크게 오염되었고, 이러한 오염 원에 의해 화재가 발생된 것으로 확인되었다.

3) 이 사례의 화재원인은 건조한 구덩이에서 빠져나오려고 반복적으로 가속페달을 작동시키면서 타이어와 도로의 마찰이 반복되면서 화재가 발생된 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] Chung Kyun Kim and Il Kwon Lee, "Failure Study for Tribological Characteristics Analysis of a Clutch System in Passenger Cars", Journal of the KSTLE Vol. 22, No.4, 196-202, (2006)
- [2] Chung Kyun Kim and Il Kwon Lee, "Tribological Failure Study of Manual Transmissions in Front Engine and Front Wheel Drive Vehicle", Journal of the KSTLE Vol. 24, No. 6, 285-290, (2008)
- [3] Marty, Ahrens, "An Overview of the U.S. Highway Vehicles Fire problem", SAE paper 2005-01-1420
- [4] Thomas M. De Santis, Charies T. Adams etl, "Motor Vehicle Fire Investigation", SAE paper 2008-01-0555
- [5] Chung Kyun Kim and Il Kwon Lee, "Failure Studies on the Wear Scars of an Automotive Tires", Journal of the KSTLE Vol. 23, No. 5, 228-333, (2007)
- [6] Hyundai Motor Company, "Construction of Automotive", 1996
- [7] Ho-in Kang and Chang-ho Kook, "Chassis of Automotive", Golden-bell, (2013)
- [8] IL Kwon Lee, et al, " Study for Fire Examples of Fuel leakage in Automotive Fuel System", Proceeding of KIGAS Spring Conference, (2011)
- [9] Maintenance manual of Hyundai Motors, (2012)
- [10] Maintenance manual of Kia Motors, (2012)
- [11] Maintenance manual of GM Daewoo Motor, (2012)
- [12] National Emergency Management Data, <http://blog.daum.net/belief137/17433066>