



대형 트럭 자동차의 엔진냉각수 누출, 제동 및 배기시스템 과열에 관련된 화재사례 고찰

[†]이일권 · 국창호 · 함성훈 · 이영숙 · 황한섭*

유창배** · 문학훈*** · 정동화**** · 안호철***** · 이정호*****

대림대학교 자동차공학과 · *수원과학대학교 기계과 · **신성대학교 자동차계열

오산대학교 자동차과 · *순천제일대학교 기계자동차과

*****성균관대학교 정보통신대학원 · *****인하대학교대학원 기계공학과

(2019년 7 월 9일 접수, 2019년 8월 23일 수정, 2019년 8 월 24일 채택)

A Study for Fire Examples Involved in Engine Coolant leakage, Brake and Exhaust System Over-Heating of Heavy-Duty Truck Vehicle

[†]IL Kwon Lee · Chang Ho Kook · Sung Hoon Ham · Young Suk Lee

Han Sub Hwang* · Chang Bae You** · Hak Hoon Moon***

Dong Hwa Jung**** · Ho Cheol Ahn***** · Jeong Ho Lee*****

Dept. of Automotive Engineering, Daelim University College,

**Dept. of Mechanical Engineering, Suwon Science College,*

***Dept. of Automotive Engineering, Shin Sung University,*

****Dept. of Automotive Engineering, Osan University,*

*****Dept. of Mechanical and Automotive Engineering Suncheon Jeil College,*

****** Graduate School of Information and Communication, Sungkyunkwon University,*

****** Graduate School of Mechanical Engineering, Inha University*

(Received July 9, 2019; Revised August 23, 2019; Accepted August 24, 2019)

요 약

이 논문은 대형트럭의 화재에 관련된 고장사례를 고찰한 논문이다. 첫 번째 사례는 6번 실린더 라이너 상단부와 실린더 헤드 사이에 접촉하는 D링부의 변형으로 헤드 가스켓부의 기밀불량 현상으로 냉각수가 누출하여 엔진이 과열되었다. 이 열이 에어크리너 주변 배선에 전달되어 쇼트(short)에 의해 화재가 발생된 것을 확인하였다. 두 번째 사례는 자동차의 리어(Rear) 4축 브레이크 라이닝 과다마모로 브레이크 작동 S 캠(Cam)이 리턴되지 않아 브레이크 라이닝이 드럼과의 계속적인 마찰에 의한 마찰열에 의해 화재가 발생된 것을 확인하였다. 세 번째 사례는 엔진 점검을 위해 캡을 탈당하였을 때 탈당 모터의 과부하로 배선의 단락현상이 발생하여 이 불꽃에 의해 화재가 발생된 것을 확인하였다. 따라서, 대형트럭의 화재는 철저한 관리를 하여 화재발생을 최소화하여야 한다.

Abstract - This paper is a purpose to study the failure example for heavy-duty vehicle fire. The first example, the researcher found the engine over-heating phenomenon causing a coolant leakage by the sealing poor of head-gasket because of D-ring part deformation contacting with cylinder liner top-part and cylinder head. He certified a fire breakout by short transferred to surrounding wiring of air-cleaner. The second example, a brake lining by return fault of break operating S cam causing with much wear of a rear 4 wheel brake lining repeatably was worn by friction. In the long run, it became the cause of fire. The third example, the researcher knew

[†]Corresponding author: iklee@daelim.ac.kr

the fire cause was came about the short of wire by overload of tilting motor when the driver tilted up the cap to inspect a engine. Therefore, a heavy-duty fire must minimize the fire occurrence by thorough controlling.

Key words : Heavy truck, Cylinder Head, Friction heat, Brake Lining, Tilting motor

I. 서 론

인류의 삶이 좀 더 윤택해지고 시장의 활성화가 된 것은 인간이 생산한 모든 농수산물, 공산품을 비롯한 상품들의 유통이 활발하게 이루어진 것이 동력이라 할 수 있다. 이러한 상품들을 도로를 통하여 운반하고 있는 것이 자동차인데 이러한 자동차는 좀 더 대형화되고 박스화되면서 유통산업의 발전을 가속화한 것이라 할 수 있다. 이러한 기능을 하는 것이 화물자동차라 할 수 있다

대형 화물 자동차의 역할은 상품을 효과적으로 운반하기 위해 적정적재량을 적재하고 운반하는 것이 자동차의 성능과 수명을 위해서는 최상의 방법이라 할 수 있다. 특히 대형차의 경우 엔진의 관리에 문제가 생겨 엔진 내부의 문제가 발생하게 되면 매우 높은 엔진 수리 비용이 들어 갈 수 있다. 또한, 수리하는 동안 발생하는 화물수송을 할 수 없는 상황이 되어 운전자는 화물수송 비용을 벌 수 없는 상황이 되어 손실이 생기게 된다. 따라서, 운전자는 주기적으로 엔진의 상태를 확인하여 초기에 발생한 문제를 수리함으로써 더 커다란 문제가 발생되지 않도록 주의하여야 한다. 또한, 자동차 관련 시스템의 효율적인 점검과 이에 따른 소모품의 교환, 시스템의 효과적 관리를 하여야 자동차의 내구성을 계속적으로 유지할 수 있을 것이다.

대형 화물자동차는 화물을 운반할 때 자동차 화재가 발생하였을 때는 화재예방을 위해 노력하여야 하고 즉시 화재를 제압하여 피해를 최소화하도록 하여야 한다. 자동차 화재가 발생하여 화재가 확대될 경우에는 자동차로서의 가치를 상실할 뿐만 아니라 자동차 시스템에 문제가 크게 발생할 수가 있으므로 세심한 관리와 철저한 시스템의 정상화 유지를 통해

화재발생을 미리 방지하도록 하여야 한다. 미국의 경우 자동차 화재의 가장 큰 비율은 정면 충돌[1], 고속도로 화재는 60%가 차량의 엔진, 주행기어와 휠에 의해 발생되며, 2%정도가 연료라인에서 시작되는 것으로 발표되었다[2]. 또한, 자동차화재를 최소화하기 위해 자동차 화재예방을 위한 계기판개발, 선행 기술화재 보호시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[3]. 국내의 경우 자동차 액화석유 가스 누출에 의한 화재사례[4], 자동차 엔진룸의 자동차 전기배선에 대한 화재사례[5], 자동차 실내인화성물질에 대한 화재사례[6], 발전기 튜닝 및 배기측 인화성물질 유입에 대한 화재사례[7], 자동차 클러치의 마찰에 관련된 화재사례[8]등 승용차 화재사례에 대한 연구논문이 발표되었다.

이 논문은 대형트럭의 엔진에 관련된 냉각수 누출로 인한 화재사례, 제동장치 점검불량에 의한 제동시 드럼의 과열에 의한 화재사례, 대형트럭의 배기매니폴드와 배기관을 연결하는 시스템의 과열에 의한 화재사례를 조사하고 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 대형트럭의 개요

일반적으로 화물을 운반하기에 적합하게 제작된 자동차를 트럭이라 한다. 이러한 트럭은 트럭의 운전석 위치와 차량의 적재함이 지붕(Roof)에 있고 없느냐에 따라 분류하고 있다. 트럭은 최대적재량으로 규격을 구분한다. 트럭은 화물을 적재하는 양의 대소에 따라 분류하며, 국내의 기준으로는 최대적재량이 1톤 이하이고 차량 총중량이 3톤 이하일 때 소형화물차, 최대적재량이 1~5톤이고, 차량총중량이 3~10톤일 때 중형화물차, 최대적재량이 5톤 이상

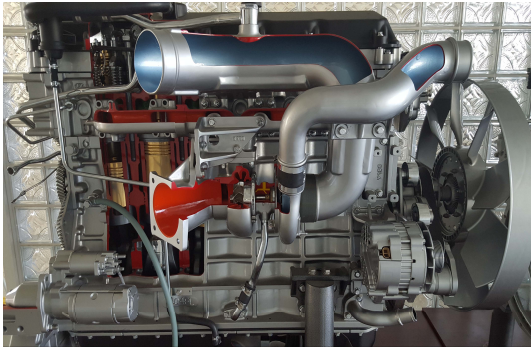


Fig. 1. Construction example of heavy-duty diesel engine.

이고, 차량총중량이 10톤 이상일 때 대형화물차로 분류한다. 따라서, 대형트럭이라 하면 최대적재량이 5톤 이상, 총중량이 10톤 이상의 화물을 운반하기 적합하게 제작된 자동차를 말한다. 이러한 대형트럭은 차체를 운반하기 위해 엔진의 배기량도 적절하게 설계하여 장착하여야 한다.

2.2 디젤 엔진의 특성

가솔린 엔진은 공기와 연료의 혼합된 혼합기를 연소실에 흡입하여 압축한 다음 그 압축된 혼합기를 점화 플러그(Spark plug)를 통해 고압을 보내 점화불꽃을 발생하여 그 불꽃에 의해 폭발시켜 혼합기를 태우는 강제적인 연소 방식이다.

이에 반하여 디젤 엔진은 공기만을 흡입하여 고압으로 압축한 다음 500~600℃의 고온이 되었을 때 이 고온·고압의 압축공기를 압축행정 말기에 연료를 분사하여 공기 압축열에 의해 연료를 자기착화(Self ignition)하게 되는 자연연소 시키는 방식을 사용한다. 또한, 가솔린 엔진 방식은 가속페달을 밟아 스로틀 밸브(Throttle valve)을 열어 흡입 공기의 양을 제어하는 것이고, 디젤 엔진방식은 스로틀 밸브를 여는 것이 아니라 연료공급 장치에서 분사되는 연료의 양을 조절하여 엔진의 출력을 변화시켜 주는 방식이다. Fig.1은 대형 디젤엔진의 형상사례를 보여주는 것이다.

Table. 1. Examples of Engine classification

Item \ Model	D6HA	D6CC
Displacement (cc)	9,960	12,338
Bore×Stroke (mm)	122×142	130×155
Cylinder type	I6	I6
Compression Ratio	17.2	17.2
Maximum Power (ps/rpm)	380/1900	460/1800
Maximum Torque (kg-m/rpm)	173/1200	225/1200
Dry eight(kg)	920	1145
Vehicle	Heavy-duty truck, Grandbird, Universe, Tractor, Dump, Mixer, Environment vehicle	

2.3 대형 트럭의 적용엔진

최근의 자동차는 친환경과 연비 및 출력 향상을 위해 엔진을 꾸준히 개발하고 있다. Euro 배기가스 규제치와 이를 위한 대응을 위해 개발되고 있으며, 분사압력도 1,600bar~2,000bar에 달하는 초고압 엔진의 분사시스템이 적용되고 있다. 대형 상용 화물차의 주요 엔진은 Table.1에서 보는 것과 같이 동일한 엔진이라 하더라도 사양에 따라 여러 종류의 차종에 적용이 가능하다. 엔진의 제원은 최근에 적용되는 제작사의 엔진[9]을 사례로 하여 기술하였으며, Table.1과 같다.

III. 대형 트럭 자동차 화재 관련사례

3.1 냉각수 누출로 인한 화재사례

3.1.1 현상

운전자가 자동차 운행중 자동차의 엔진부에서 연기가 발생하면서 화재가 발생하였다.

3.1.2 분석

이 자동차는 대형트럭으로 자동변속기 장착



Fig. 2. Fire example by wire short causing coolant leakage on air cleaner part.

차량이다. 부동액은 4통에서 5통정도 주입되며, 1통이 4리터 정도된다. 부동액과 냉각수의 비율은 1:1 정도로 섞는다. 이 사례의 원인은 6번 실린더 라이너 상단부, 실린더 헤드와 접촉하는 D링부의 변형으로 인한 일부 손상에 의해 헤드 가스켓부의 기밀불량현상이 발생하여 이 변형부로 냉각수가 누출하여 엔진오일과 희석되고 이러한 현상으로 인해 냉각수 부족으로 엔진이 과열되었다. 이 열이 에어크리너 주변 배선에 전달되어 배선이 열을 받아 쇼트(short)되어 화재가 발생한 것으로 확인되었다. 이 차량의 경우 냉각수 용량은 44리터 정도이며 8리터 정도가 누출된 것으로 확인되었다. 이 사례의 경우 화재는 초기에 진압을 하지 못하여 자동차의 캡 내부가 소손되었다. Fig. 2는 냉각수 부족으로 인한 에어크리너 부위의 배선단락에 의한 화재사례를 보여주는 것이다. Fig. 3은 엔진의 실린더 라이닝 D링부의 기밀불량으로 인한 화재사례를 보여주는 것이다.

3.1.3 고찰

대형 트럭의 디젤엔진의 경우 엔진 내부의 연소열이 고온이고, 엔진 내부의 압축압력이 높기 때문에 냉각수의 부족현상이 발생할 경우 냉각수의 과열 현상이 발생할 수 있다. 따라서 철저한 냉각수의 점검을 통해 자동차의 고장현상이 발생하지 않도록 한다.



Fig. 3. Fire example by sealing fault of cylinder linear D ring part.

3.2 브레이크 라이닝 마모화재사례

3.2.1 현상

운전자가 운전중에 제동이 되지 않고 바퀴부위에서 연기가 발생하면서 화재가 발생되었다.

3.2.2 분석

이 자동차는 수동변속기 장착차량으로 25톤 캡형 화물차이다. 운전중 브레이크 슈(Shoe)와 드럼(Drum)의 과다 마찰로 열에 의해 열화가 발생되어 화재가 난 사례이다. 일반적으로 브레이크를 작동하게 되면 드럼에 부착되어 있는 마찰제가 회전하는 바퀴의 드럼을 마찰력으로 잡아 바퀴의 회전을 못하도록 하는 것이 제동장치의 역할이다. 그러나 드럼의 회전을 마찰제가 잡아 제동을 할 때 마찰제가 내구성이 떨어져 마모되었거나 드럼을 잡아주는 캠의 고착으로 인해 브레이크 슈를 작동하지 못하는 경우에는 제동장치가 작동되지 않는다. 이 화재의 경우 확인한 결과 리어(Rear) 4축 브레이크 라이닝 과다 마모로 브레이크 작동 S 캠(Cam)의 리턴불량으로 브레이크 라이닝이 드럼과의 지속적인 마찰이 원인이라는 것을 확인하였다.

이러한 경우에는 즉시, 제동장치를 점검하여 정상적인 작동이 되도록 하여야 한다. 최근의 차량은 제동의 정확성과 고장에 대한 신뢰성을 높이기 위해 드럼을 잡아 제동을 하는 브레이크 라이닝에 마모 센서가 부착되어 있으며, 제동할 때 이를 감지하여 제어 컴퓨터로 보내 브레이크 라이닝 축 별로 라이닝이 몇 %



Fig. 4. Fire Example by much wear of 3 wheel brake lining.

남아 있는지 계기판에 확인이 가능하다. 단, 센서가 오작동 사례가 많은 것이 문제이다. 왜냐하면 라이닝 마모 가루가 센서 감지를 둔화시키기 때문이다. Fig.4는 대형 트럭의 3축 브레이크 라이닝 마모 과다에 의한 화재사례를 보여주는 것이다.

3.2.3 고찰

자동차를 운전중 제동장치의 역할은 매우 중요하다. 대형화물차의 경우에는 부하를 많이 받기 때문에 운전중에 제동장치의 손상이나 시스템의 비정상적인 작동으로 인해 제동이 되지 않을 경우 대단히 위험하다. 또한, 운전중 제동장치를 작동할 때 드림과의 마찰열이 상당히 많기 때문에 제동장치가 작동한 다음 리턴이 되지 않을 경우 마찰에 의한 고열이 발생함으로써 철저한 관리를 하여 고장현상을 사전에 방지하도록 운전자는 항상 제동장치를 철저하게 점검하여야 한다.

3.3 트럭의 틸팅와이어링부 화재사례

3.3.1 현상

운전자가 자동차를 운전중 자동차의 틸팅 부위에서 연기가 나면서 화재가 발생하였다.

3.3.2 분석

이 자동차는 자동변속기 장착차량으로 적재된 대형화물차의 캡을 움직여 틸팅을 하던 중 틸팅 모터의 과부하로 인해 틸팅 모터 배선



Fig. 5. Fire example of by wiring short of tilting motor part.

쇼트가 발생함으로써 화재가 발생하였다. 자동차의 틸팅(Tilting)은 엔진부와 차량의 전방부의 시스템을 보호하고 상부에 운전석을 배치하기 위해 상자형의 박스를 설치한 것이 캡이며, 이 캡을 유압이나 공압의 작동압력을 이용하여 적정각도로 기울이게 하는 기능을 틸팅이라 한다. 이 차량은 운전자가 캡을 열고 엔진을 점검하기 위하여 캡을 틸팅하였을 때 틸팅 모터의 과부하로 배선의 단락현상이 발생하여 주변의 화재가 발생하였다. 이 때 불꽃이 리어커버로 전파되면서 이 때 녹아내린 용액이 엔진의 리어커버로 전파되면서 자동변속기 TCU(Transmission control unit)상단부에 떨어져 자동변속기 컴퓨터 및 샤프트 메인 와이어링 배선, 주변의 부품들까지 손상시켰다. Fig. 5는 틸팅 모터 부위의 배선 단락으로 인한 화재사례를 보여주는 것이다.

3.3.3. 고찰

일반적으로 캡 틸팅을 작동하기 전에는 캡 내부에 적재물 및 캡 상부를 반드시 확인한다. 전면 유리 및 캡의 상부, 엔진의 보닛등의 파손에 주의하도록 한다. 평탄한 장소확인 및 주변의 안전을 확보하도록 한다. 경우에 따라서는 고임목 등을 사용하여 안전을 확보하도록 한다. 캡 작동모터의 과부하가 생기지 않도록 유의한다.

IV. 결론

대형트럭의 화재에 관련된 고장사례를 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 첫번째 사례의 원인은 6번 실린더 라이너 상단부, 실린더 헤드와 접촉하는 D링부의 변형으로 인한 일부 손상에 의해 헤드 가스켓부의 기밀불량현상이 발생하여 이 변형부로 냉각수가 누출하여 엔진이 과열되었다. 이 열이 에어크리너 주변 배선에 전달되어 배선이 열을 받아 쇼트(short)되어 화재가 발생한 것으로 확인되었다.

2) 두번째 사례의 원인은 자동차의 리어(Rear) 4축 브레이크 라이닝 과다 마모로 브레이크 작동 S 캠의(Cam) 리턴불량으로 브레이크 라이닝이 드럼과의 지속적인 마찰에 의한 마찰열에 의해 화재가 발생한 것을 확인하였다.

3) 세번째 사례의 원인은 운전자가 캡을 열고 엔진을 점검하기 위하여 캡을 털팅하였을 때 털팅 모터의 과부하로 배선의 단락현상이 발생하여 이 불꽃에 의해 화재가 발생한 것을 확인하였다.

REFERENCES

[1] Kennerly H. Digges, R. Rhoads Stephenson, Paul G. Bedewi, "A Research Program in Crash-Induced Fire Safety", SAE, 2004-01-0475, (2004)
[2] Marty Ahrens, "An Overview of the U.S.

Highway Vehicle Fire Problem", SAE, 2005-01-1420, (2005)
[3] Steven E. Hodges, "Effective Fire Protection System for Vehicles", SAE, 2006-01-0792, (2006)
[4] Lee, I. K., Kook C. H., Suh M. W., et al., "Study for Fire Examples of LPG Leakage Including Fuel Hose, Injector and Pressure Regulator Connector in Vehicle", KIGAS, 17(3), 8-13, (2013)
[5] Lee, I. K., Kim, Y. G., et al., "Study of Fire Examples Electrical Wire Short and Insulated Coating Melting by Heating Including Automotive Engine Room", KIGAS, 17(6), 15-19, (2013)
[6] Han, J. O., Ham, S. H., Lim, H. Y., and Lee, I. K., "A Study For Example of Fire Including with Combustible Substance and Electrical Overload in Automotive Inside Room", KIGAS, 18(3), 38-43, (2014)
[7] Lee, I. K., et al., "Fire Examples Study of Intake and and Exhaust System, Alternator Tuning and Inflow of Inflammables on Exhaust Part in a Car", KIGAS, 18(5), 47-51, (2014)
[8] Lee, I. K., Moon, H. H., et al., " Study for Examples of Fire Including Friction with Automotive Clutch, Manual Transmission and Tire System", KIGAS, 19(3), 49-53, (2015)
[9] Hyundai and Kia Motor Company, "General Technology of Commercial Vehicle", Service Manual, 49-55, (2010)