



자동차 흡배기장치, 발전기 튜닝 및 배기측 인화성 물질 유입에 관련된 화재사례 연구

[†]이일권 · 국창호 · 서문원 · 유창배* · 염광욱** · 임춘무*** · 정동화****
 대림대학교 자동차공학과 · *신성대학교 자동차계열 · **동주대학교 자동차과
 서울남부기술교육원 · *순천제일대학교 자동차기계과
 (2014년 8월 20일 접수, 2014년 10월 27일 수정, 2014년 10월 28일 채택)

Fire Examples Study of Intake and Exhaust System, Alternator Tuning and Inflow of Inflammables on Exhaust Part in a Car

[†]Il Kwon Lee · Chang Ho Kook · Moon Won Suh · Chang Bae You*
 Kwang Wook Youm** · Chun Moo Lim*** · Dong Hwa Jung****
 Department of Automotive Engineering, Daelim University College
 *Department of Automotive Engineering, Shin Sung University, **Department of Automotive Engineering, Dong-Ju University, ***Seoul Institute of Technology & Education, ****Department of Automotive and Machinery Engineering, Suncheon First College
 (Received August 20, 2014; Revised October 27, 2014; Accepted October 28, 2014)

요 약

이 논문은 자동차 흡배기 장치, 발전기 튜닝 및 배기측 인화성 물질 유입에 관련된 화재에 대한 사례를 분석하고 연구하는 것이다. 첫 번째 사례는, 흡기와 배기 장치의 튜닝한 상태에서 자동차의 시동을 켜 놓고 정차된 상태에서 가연성 스티로폼이 자동차 하체로 유입되고, 배기 열에 의해 불이 붙었고, 이 열원에 누설된 연료가 화재를 확대시킨 것으로 확인되었다. 두 번째 사례는 실내의 오디오 시스템을 튜닝하고 필요한 전기의 양을 증대하기 위해 발전기 용량을 높임으로써 발전기와 연결된 배선이 과열되어 화재가 발생된 것으로 확인되었다. 세 번째 사례의 원인은 정비사가 오일을 교환한 다음 플라스틱 용기로 된 깔때기를 엔진 내부에 둔 것이 엔진의 배기열에 의해 화재가 발생된 것으로 확인되었다. 따라서, 엔진의 흡배기 시스템과 발전기 시스템을 개조하지 않도록 하여야 하며, 자동차를 수리할 때나 점검할 때 배기측에 이물질이 유입되어 화재가 발생하지 않도록 자동차의 관리에 세심한 주의를 하여야 한다.

Abstract - This paper is to analyze and study the fire examples in respect of intake and exhaust, alternator tuning and inflow of inflammables on exhaust part in a car. In the first example, the driver diverted the intake and exhaust system for tuning of a car. Stopping a car to rest for moment, the flammable styrofoam scrap go into exhaust pipe that installed with exhaust manifold newly. It certified the fact that caught fire gradually, furthermore enlarged the fire by leaking fuel. In the second example, the driver enlarged the generator performance to divert the audio system in side room., it knew the fact that the electric wiring connected with generator gave the cause of outbreak a fire by overheating. In the third example, the serviceman replaced the engine oil using funnel-shaped, he put the a bottle of plastic pat onto engine cover carelessly. Consequentially, it found the fire occurrence in the engine room. Therefore, the driver never divert the intake and exhaust and generator construction of a car abnormally. Also, repairing and inspecting a car, the serviceman have a care to not occur the fire by inflammables.

Key words : tuning, intake and exhaust system, fuel system, generator, engine tuning

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

I. 서론

내연기관은 엔진의 정상적인 연소를 위해 공급되는 연료량과의 비율에 맞춰 외부에서 끊임없이 공기를 공급해 주어야 하며, 연소된 배기가스를 원활하게 배출해야 하므로 흡기와 배기 시스템이 필요하다. 엔진이 작동할 때 흡기 시스템이 막히거나 적절한 운전조건에 맞게 공기를 공급하지 못하게 되면 연소실 내부에서의 연소가 효율적으로 이루어지지 않아 엔진이 부조화 현상을 나타내거나 엔진의 작동을 멈추게 된다. 또한, 연소실에서 연소된 연소가스가 외부로 정상적으로 유출되어야 엔진은 최적의 효율을 발휘할 수 있고, 배출가스 제어도 최적의 상태가 가능하게 된다.

초기의 자동차 엔진의 작동을 위해 배터리 시스템이 반드시 필요하며, 엔진이 작동하는 동안 전기를 생산하여 자동차의 배터리에 저장하는 발전기 시스템도 매우 중요한 시스템이다. 이러한 시스템은 엔진실 주변에 설치함으로써 엔진의 열에 의한 영향으로 발생하는 과열현상이나 흡·배기 장치의 개조로 인한 화재, 배기부의 연소가 가능한 물질에 의한 화재, 발전기 용량 증대로 인한 내부열에 영향에 의한 과열현상 등에 의한 화재가 발생할 수 있다. 흡기와 배기 튜닝을 비교하였을 때 흡기 튜닝이 엔진내부로의 공기 유입이 더 높다는 것을 시뮬레이션을 통하여 확인한 연구결과도 발표되었다[1]. 엔진과 배기파이프의 배치(arrangement)는 최대 출력과 토크와 관련된 엔진 속도 범위를 높고 낮은 조건에서 여러 가지 다른 성능을 얻기 위해 시뮬레이션을 이용하여 적용하여 보았다[2]. 자동차 화재를 연구하고 조사하기 위한 교육 과정으로 점화원(ignition source), 연료원(fuel source)과 연소형태(burn pattern)에 관련된 프로그램을 컴퓨터를 이용하여 교육시키는 과정에 대한 연구사례도 발표되었다[3,4]. 화재시 인명을 구하고 자동차의 손실을 최소화하기 위한 최적의 설계와 화재보호 시스템에 관한 연구 논문도 발표되었다[5]. 자동차 화재에 대한 조사를 위해 자동차 부품, 시스템규정, 고체 연료, 유체와 가스 등에 관련된 참고자료에 대한 것은 미국화재보호협회(National Fire Protection Association; NFPA)에서 발간한 화재와 폭발조사(explosion investigation) 가이드를 참조하면 된다[6]. 최근 국내에서도 자동차 화재에 대한 관심이 크게 증가하고 있고, 이에 대한 연구결과도 발표되고 있다[7,8]. 따라서, 이 논문은 자동차 엔진 주변에 있는 흡·배기장치, 발전기 등의 시스템에서 발생하는 화재와 관련된 고장사례를 조사하고 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1. 시스템의 개요

자동차 흡기시스템은 엔진의 연소실로 공기와 연료를 혼합한 혼합기를 공급하고, 배기시스템은 연소된 배기가스를 외부로 배출하는 기능을 한다. 또한, 발전기는 엔진회전과 함께 전기를 생산하여 자동차의 각종 시스템을 작동하게 하는 역할을 한다. Fig. 1은 자동차 엔진실의 사례를 보여주는 것이다.

2.1.1. 흡기 시스템

흡기 시스템은 엔진이 작동할 때 연소실에 공급되는 공기는 공연비(air-fuel ratio)에 맞게 공기를 공급하여야 하며 이러한 공기량은 최적의 컴퓨터 제어에 의해 적정량이 흡기구를 통해 연소실로 유입되어야 한다. 따라서, 흡기 시스템은 엔진의 실린더 내로 흡입되는 공기와 함께 유입되는 먼지나 이물질 등이 엔진의 실린더 벽이나 피스톤, 피스톤 링과 흡배기 밸브 등을 마멸시킬 수 있다. 또한, 엔진오일에 혼입되면 엔진의 윤활부의 마멸을 증가시킬 수 있다. 흡기시스템은 공기를 정화시키는 공기청정기, 유입되는 흡기의 통로가 되는 흡기 매니폴드 등으로 구성되어 있다[9].

2.1.2. 배기 시스템

배기 다기관은 높은 온도 및 높은 압력의 가스가 끊임없이 통과하기 때문에 내열성이 큰 주철 등을 사용하며, 실린더에서 배출되는 배기가스를 모아서 소음기로 보내는 부품이다. 배기시스템은 연소된 배기를 외부로 배출하는 배기 매니폴드와 배기를 정화하는 정화시스템, 배기가스의 압력을 감소시키는 소음기 등이 있다.



Fig. 1. Example of automotive engine room.

2.1.3. 발전기(alternator) 시스템

자동차에는 엔진의 시동을 걸기 위한 시동시스템과 혼합기의 연소를 위해 점화를 시켜주는 점화시스템 등의 엔진 전기장치, 전조등을 비롯한 자동차의 점등을 위한 램프, 에어컨 시스템 등의 많은 전기시스템이 있다. 이러한 자동차 전기장치에 전기를 공급하는 전원으로 배터리와 발전기가 있다. 발전기는 벨트로 연결되어 엔진이 구동할 때 함께 회전하며, 생산된 전기는 자동차의 전기장치에 공급된다. 발전기에서 생산된 전기는 엔진의 회전수에 따라 다르며, 발전된 전기의 양이 엔진의 부하량보다 많은 경우에는 발전기만으로 모든 전기장치에 전기시스템에 전기를 공급하고 배터리에 저장하는 기능을 하게 된다[10].

2.2. 엔진 컨트롤 전기 시스템의 구성

자동차 엔진을 제어하는 시스템은 자동차 배터리를 기본으로 하여 각 시스템에 부하에 맞게 공급한다. 초기 시동시 공급되는 전기는 배터리에서 공급되고 시동이 걸리게 되면 엔진과 함께 회전하는 발전기에서 생산한 전기가 각 전기시스템에 공급하고 남은 전기는 배터리를 충전시키게 된다. 이러한 전기는 배터리에서 시작된 메인 배선을 시작으로 작동 시스템마다 작은 지선의 배선으로 연결되어 각 시스템에 전기를 공급하고 자동차의 각 시스템을 제어하는 역할을 한다. 따라서, 이러한 배선의 연결이 끊어지거나 내구성이 떨어져 피복이 벗겨져 단락현상이 발생하게 되면 관련 시스템은 작동이 정지되고 자동차의 주행을 멈추게 하는 요인이 된다. 이러한 점에 비추어 엔진을 제어하는 전기 시스템의 세심한 관리와 내구성 확보를 위해 점검을 철저히 하여야 한다.

2.3. 화재 진단방법

자동차의 화재 진단은 매우 어렵고 난해한 문제이다. 화재가 발생하고 나면 순식간에 타기 때문에 화재의 원인을 찾기가 매우 어렵다. 본 논문에서는 자동차 흡·배기 시스템과 발전기의 튜닝, 엔진오일 교환 후 흡기와 배기부에 있던 연소성이 강한 물질에 의해 발생한 화재 사례를 고찰하였다. 이러한 화재사례는 화재가 발생한 다음 화재원인을 확인할 수 있었고, 연소부도 미세하게 남아있어 화재에 대한 분석을 할 수 있었다. 따라서, 화재가 발생하게 되면 화재원인과 화재를 목격된 증인을 참조하여 철저하게 분석을 하고 필요한 경우 성분분석을 통해 철저히 화재의 원인을 찾아내야 한다.

III. 자동차 엔진 주변 시스템의 화재사례

3.1. 자동차 흡기장치의 튜닝(tuning)으로 인한 화재사례

1) 현상

운전자가 운전을 하다 시동을 켜 둔 상태로 잠깐 휴식을 취하던 중 엔진부에서 폭발음과 함께 화재가 발생하였다.

2) 분석

자동차 운전자가 자동차의 흡기와 배기시스템의 일부분을 변화함으로써 자동차의 출력과 주행성능을 높이려는 목적에서 자동차의 시스템을 변화시키는 것이 튜닝(tuning)의 목적이다. 그러나 이러한 자동차의 흡배기 시스템을 변화시키는 것은 자동차의 관련 법규를 정확하게 검토하고 인지하여야 한다. 또한, 자동차의 시스템을 변경함으로써 발생하는 사고의 발생가능성과 자동차 수리에 대한 보완대책도 강구해야 할 것이다. 운전자가 최적의 자동차 성능을 확보하기 위해서 자동차의 성능을 향상시키고 공기청정기의 공기저항을 줄여 엔진에 많은 공기를 공급할 수 있어야 하고, 동시에 연료량 증가에 대한 합리적인 튜닝도 함께 검토 해주어야 만 한다[11]. 이 자동차는 운전자가 자동차의 흡기장치의 성능을 높이기 위해 흡기부를 개조한 자동차로 확인되었다. 이와 함께 변경된 배기시스템에는 추가된 배기 파이프가 설치되었고, 운행중에 추가된 배기 파이프로 스킨로폼 조각이 유입되어 배기열에 의해 조금씩 연소되기 시작하였고, 이 때 배기 파이프 위로 누설된 연료가 떨어지면서 화염을 활성화시켜 화재가 발생되었고, 순식간에 자동차 엔진실 전체로 옮겨 붙으



Fig. 2. Fire example by intake and exhaust system tuning.

면서 화재가 확산된 것으로 확인되었다. Fig.2는 자동차 흡기장치의 튜닝에 의해 화재가 난 사례를 보여주는 것이다.

3) 고찰

자동차 엔진의 출력을 높여 자동차의 속도를 증가시키기 위해 자동차의 흡·배기 시스템의 구조를 변경한 사례로 흡배기 시스템의 변경은 적법한 규정에 따라야 하고, 법적인 범위에서 변경이 허용되는 범위에서 변경해야 한다. 또한, 최적의 시스템이 되는지 고장과 자동차의 사고위험성이 없는지 충분한 검토와 점검을 하여야 할 것으로 판단된다.

3.2. 자동차 발전기 개조로 인한 화재사례

1) 현상

자동차를 운전하던 중 엔진룸에서 연기가 나면서 화재가 발생하였다.

2) 분석

자동차 운전자가 자동차 내부에서 사용하는 추가된 오디오 시스템과 전열기 등을 사용하기 위해 부족한 전기를 보충하려고 발전기 용량을 규정보다 큰 것을 사용하게 되었다. 날씨가 추워 유난히 추위를 많이 느끼는 운전자는 출력을 높인 오디오 시스템과 히터를 이용한 전열기를 모두 사용하게 되었다. 규정의 용량보다 많은 전기를 만들어내야 하는 과부하에 의해 발전기는 부하를 더 받게 되었고, 이 부하가 발전기의 과열현상을 발생시켰다. 이 때 발전기 상부에 묻어 있던 기름찌꺼기가 고착된 이물질에 발화되어 화염원 역할을 한 것으로 확인되었다. 이 사례는 운전자가 운전중에 엔진룸에서 갑자기 연기가 발생하면서 화재가 발생하였다. 즉, 이 자동차는 실내의 오디오 시스템을 개조하고 필요한 전기의 양을



Fig. 3. Fire example causing wire shot by generator overload.

보충하고자 발전기 용량을 높임으로써 발전기와 연결된 배선이 과열되어 화재가 발생된 것으로 확인되었다. Fig. 3은 발전기 튜닝에 의한 발전시 과부하로 인해 화재가 발생된 사례를 보여주는 것이다.

3) 고찰

자동차에서 사용하는 전기는 발전기에서 생산한 전기를 이용하여 각 시스템을 작동시킨다. 이러한 자동차의 발전기는 자동차의 전기적인 부하 조건과 자동차의 운행조건, 공회전 속도와 구동축과 연결되어 있는 폴리비 등의 사용 조건을 산정하여 결정한다. 또한, 배터리의 용량, 각 시스템의 전압과 각 시스템의 온도와 배선의 구성등도 함께 고려되어야 한다. 따라서, 이러한 발전기 산정을 할 때 검토사항을 충분히 고려하여 시스템의 작동에 문제점을 확인해야 한다. 자동차에 사용하는 전기의 용량을 줄이기 위해 발전기의 용량을 높이기 위한 시도를 한다면 철저한 검증을 통해 고장이나 사고의 위험성을 최소화할 수 있도록 하여야 한다.

3.3. 자동차 배기매니폴드 부위에 플라스틱 녹음으로 인한 화재발생 사례

1) 현상

자동차를 운행 중 엔진룸에서 플라스틱 타는 냄새와 함께 연기가 나면서 화재가 발생하였다.

2) 분석

화재가 소화된 다음 엔진 후드를 열고 확인한 결과 엔진룸의 많은 부분이 화재로 손상되었다. 엔진의 로커 커버가 타서 녹아 내렸으며, 배선의 피복 등이 모두 불에 타서 배선의 동선만 남아 있었다. 이 사례는 자동차의 엔진 오일을 교환한 다음 엔진 오일 주입구에 엔진 오일을 주입하기 위해 사용하였던 플라스틱 페트(pet) 병 갈때기를 이용하여 오일 교환후 수거하지 않고 엔진룸의 배기 매니폴드 측에 둔 상태로 엔진 후드를 닫았다. 이후 운전자가 운행할 때 엔진의 배기 매니폴드의 뜨거운 열에 의해 플라스틱 소재의 페트병에서 발화하여 화재가 발생한 것으로 확인되었다. 이 때 페트병에는 엔진 오일을 교환할 때 미세한 엔진오일이 묻어 있었으며, 초기에 이 엔진오일은 엔진룸으로 확산되는데 또 다른 화재의 요인이 되었다.

즉, 이 사례의 원인은 운전자가 오일을 교환한 다음 플라스틱 페트병으로 된 갈때기를 엔진 내부에 둔 것이 엔진의 배기열에 의해 화재가 발생된 것으로 판단된다. Fig.4는 엔진 배기매니폴드부 열에 의해 플라스틱으로 된 페트 병 갈때기에 의한 화재사례를



Fig. 4. Fire example burned plastic pet bottle on engine exhaust manifold part.

보여주는 것이다.

3) 고찰

엔진의 점검이나 엔진의 각종 소모품을 교환한 다음 각종 공구나, 화재의 원인이 될 수 있는 휴지, 걸레, 플라스틱, 낙엽등과 같은 것이 엔진 내부에 유입되거나 두지 않도록 주의하여야 한다. 특히, 오일을 교환 한 다음 오일이 묻은 용기등을 제거하지 않고 엔진룸에 두게 되면 뜨거운 열과 함께 불쏘시게의 역할을 하여 화재발생의 원인이 될 수 있다. 만약 이와같은 것을 두게 되면 엔진이 작동중에 회전부에 유입되어 회전시스템이 손상을 일으키거나 배터리 부위와 접촉하게 되면 전기적인 단락 현상을 발생시킬 수가 있다. 또한, 엔진의 뜨거운 열원에 의해 화재원이 될 수 있는 휴지, 걸레나 플라스틱 및 낙엽등에 의해 화재가 발생할 수 있으므로 점검 또는 수리작업을 한 다음 철저히 확인하여야 한다.

IV. 결론

자동차의 엔진실의 흡기와 배기장치, 발전기 튜닝과 관련된 화재를 사례별로 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 흡기와 배기장치를 튜닝한 자동차가 운행중에 추가된 배기 파이프로 스티로폼 조각이 유입되어 배기열에 의해 조금씩 연소되기 시작하였고, 이 때 배기 파이프 위로 누설된 연료가 떨어지면서 화염을 활성화시켜 화재가 발생된 것을 확인되었다.
- 2) 실내의 오디오 시스템을 튜닝하고 전열기를 이용하여 하기 위해 필요한 전기의 양을 보충하고자 발전기

용량을 높여 발전기와 연결된 배선이 과열되어 화재가 발생된 것을 확인하였다.

3) 자동차의 엔진 오일을 교환한 다음 플라스틱 페트병 깔때기를 수거하지 않고 엔진룸의 배기 매니폴드 측에 둔 상태로 자동차를 운행하면서 엔진의 배기 매니폴드의 뜨거운 열에 의해 화재가 발생된 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Gilbert Sammut, Alex C. Alkidas, "Relative Contribution of Intake and Exhaust Tuning on SI Engine Breathing -A Computational Study", SAE paper 2007-01-0492
- [2] Dermot O. Mackey, John G. Crandall, Glen F. Chatfield and Malcolm C. Ashe, "SAE paper 2002-01-0002
- [3] Leland E. Shields and Robert R. Scheibe, "Computer-Based Training in Vehicle Fire Investigation Part I-Ignition Sources", SAE paper 2006-01-0547
- [4] Leland E. Shields and Robert R. Scheibe, "Computer-Based Training in Vehicle Fire Investigation Part II-Fuel Sources and Burn Patterns", SAE paper 2006-01-0548
- [5] Steven E. Hodges, "Effective Fire Protection Systems for Vehicles", SAE paper 2006-01-0792
- [6] Thomas M. De Santis, Charles T. Adams, Louis Molnar, John Washington, Ronald E. Orlando and robert D. Banta, "Motor Vehicle Fire Investigation", SAE paper 2008-01-0555
- [7] Lee Il Kwon, Kim Young Gyu, Youm Kwang Wook, "Study of Fire Examples for Electric Wire Short and Insulated Coating Melting by Heating Including Automotive Engine Room", KIGAS Vol. 17(6), 15-19, (2013)
- [8] Han Jae Oh, Ham Sung Hoon, Lim Ha Young and Lee Il Kwon, "A Study for Examples of Fire including with combustibile Substance and Electrical Overload in Automotive Inside Room", KIGAS Vol. 18(3), 38-43, (2014)
- [9] Lee Il Kwon, "Automotive Gasoline Engine ", 2012
- [10] Hyundai Motor Company, "Automotive Construction", 1996
- [11] Kim Kwang Hee, et al., "Power Engine Tuning", Goldenbell, 2006