



자동차용 LPG 엔진의 점화플러그 장착 부 손상, 점화시기 조정불량, 흡입밸브 부 이물질유입 고장사례 연구

†이일권·국창호·함성훈·김성모*·황한섭**·정동화***·문학훈****·이정호*****
대림대학교 미래자동차공학부 교수, *충청대학교 항공자동차기계학부 교수,
수원과학대학교 기계과 교수, *순천제일대학교 기계자동차과 교수,
****오산대학교 자동차과 교수, *****인하대학교대학원 기계공학과 박사과정
(2021년 3월 22일 접수, 2021년 4월 15일 수정, 2021년 4월 16일 채택)

Study for Failure Examples Involved to Spark Plug Assembling Part Damage, Timing Maladjustment and Alien Substance Insertion in Intake Valve Part on LPG Vehicle Engine

†IL Kwon Lee·Chang Ho Kook·Sung Hoon Ham·Sung Mo Kim*
Han Sub Hwang**·Dong Hwa Jung***·Hak Hoon Moon****·Jeong Ho Lee*****
Division of Automotive Engineering, Daelim University College,
**Faculty of Aviation, Automobile & Mechanical Engineering, Chungcheong University,*
***Dept. of Mechanical Engineering, Suwon Science College,*
****Dept. of Machinery and Automotive Engineering, Suncheon First College,*
*****Dept. of Automotive Engineering, Osan University,*
******Graduate School of Mechanical Engineering, Inha University*
(Received March 22, 2021; Revised April 15, 2021; Accepted April 16, 2021)

요약

이 논문은 LPG 자동차용 엔진의 고장사례를 연구하여 자동차 생산에 활용함이 목적이다. 첫번째 사례는 엔진의 실린더헤드를 분해하여 확인한 결과 실린더 헤드의 점화플러그가 조립되는 나사부 마멸때문에 점화플러그의 불꽃이 누설되어 출력이 떨어지면서 엔진의 부조화 현상이 가끔 유발되는 것을 발견하였다. 두 번째 사례는 캠샤프트의 위치와 크랭크 샤프트 위치를 맞춘 타이밍 마크가 0.5칸 틀어져 엔진의 부조화 현상이 발생된 것을 확인되었다. 세 번째 사례는 실린더 헤드를 분해하여 확인한 결과, 실린더 헤드에 제거되지 못한 이물질이 3번 흡기포트에서 공기 흐름에 따라 이동하다가 흡기밸브의 닫힘시기를 원활하지 못하여 하여 고장이 발생된 것을 확인하였다. 따라서, 자동차 관리자는 철저하게 점검해야 하고, 자동차 생산자는 철저한 품질확보를 통해 고장의 원인을 제거해야 할 것으로 판단된다.

Abstract - This paper is a purpose to study the failure examples for LPG vehicle. The first example, the researcher certified the incongruity phenomenon decreased engine power by ignition fire leakage because of spark plug threaded part damage assembling in cylinder head. The second example, the timing mark that accurately adjusting the camshaft and crankshaft position were twisted about 0.5 block each other. Finally, the researcher seeked the disharmony phenomenon as it couldn't set ignition timing. The third example, the researcher knew the failure phenomenon by interrupted the closing period for intake valve moving with air flow

†Corresponding author: iklee@daelim.ac.kr
Copyright © 2021 by The Korean Institute of Gas

in the number 3 port of cylinder head as the foreign substance in cylinder head didn't remove. Therefore, the manager of a car has to thorough going inspect and the manufacture of a car must remove the cause of failure with quality assurance.

Key words : failure, LPG engine , spark plug , ignition timing, cylinder head

I. 서론

자동차는 지구상에 존재하는 등근 형태의 바퀴를 가진 가장 인상적인 구름운동을 하는 종합기계이다. 더욱이 이러한 자동차는 초기에 바퀴를 구동시킬 수 있는 엔진이 개발되면서 인류의 이동에 대한 상상력과 도전에 대한 확신을 갖는 계기가 되었다. 이러한 자동차는 지구상의 인류의 상호 이동, 교류를 활발하게 함으로써, 생산한 물건을 교환하거나 서로 구매하게 하여 인류의 삶을 풍요롭게 하고 서로 가교 역할을 하게 되었다. 이제는 인류생활에 있어서 이동수단뿐만 아니라, 자동차에 승차하여 이동하하면서 여행을 즐기는 등의 활용도도 증가하고 있다. 이러한 자동차는 초기에는 운전자의 운전기술에 주로 의존하였으나, 전자제어 기술이 발전하면서 점차 제어기술을 활용하고 새로운 편리시스템을 접목하는 자동제어 시스템으로 변화하였다. 최근에는 이러한 제어기술이 무인자율주행자동차의 기술로 접근하고 있다. 그러나 자동차는 최상의 자동제어에 의해 움직이기 위해서는 자동차의 고장이 발생하거나 내구성의 저하로 인한 각 시스템의 고장률을 최소화되어 할 것이다. 따라서, 이러한 자동차의 내구성 사례를 확인하고, 이를 자동차의 품질향상에 활용한다면 더 좋은 자동차의 생산이 가능하다고 할 수 있다. 친환경 자동차의 하나인 LPG 자동차에 대해서는 승용자동차로 가장 많이 적용되는 가솔린엔진에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다. 즉, LPG 연료의 배기가스와 효율에 대한 비교 연구[1], 액상 LPG 분사엔진에 대한 성능화연구[2], 불꽃 점화 엔진분사 액상 포트에서 인젝터의 내구성에 대한 연구[3], LPG 분사장치의 모델링과 엔진속도 제어에 대한 연구[4], LPG 자동차의 내구성 시험에 대한 연구[5], 직접분사 고효율 액상 LPG 불꽃 점화 엔진에 대한 개발에 대한 연구도 이루어졌다[6]. 또한, 실제로 도로에서 운행하는 LPG 자동차의 고장사례에 대한 연구결과도 발표되었다[7,8,9]. 이 논문에서는 자동차용 LPG 엔진의 실린더 헤드에 조립되는 점화플러그의 조립부 손상으로 인한 엔진의 부조화 현상, 타이밍마크 조정 불량에 의한 엔진의 부조화현상, 실린더 헤드부 주물덩어리 미처리로 인한 엔진진동사례 등을 연구하였다. 엔진을 수리할 때는 철저히 꼼꼼하게

살펴보고 처리하도록 하여야 한다.

이 논문은 자동차용 LPG 엔진에 관련된 고장사례를 조사하고 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 자동차엔진의 구성도

자동차 엔진의 구성도는 자동차의 엔진을 구성하는 엔진의 본체와 자동차의 시동장치, 흡·배기장치, 연료장치, 점화장치, 윤활장치, 냉각장치 등의 부속장치로 구성되어 있다[10]. Fig. 1은 운행하는 자동차 엔진룸을 보여주는 것이다.

2.2 LPG 엔진의 구조와 특성

LPG 엔진의 구조는 가솔린 엔진과 달리 LPG 가스를 사용하므로 LPG 가스를 연소하기 위한 시스템이 필요하다. 초기에는 LPG를 기체화시키는 베이퍼라이저와 공기와 혼합하여 주는 믹서를 사용하였으나, 최근에는 연료제어 분사기술의 향상으로 인해 액화석유가스 직접분사방식(LPI : Liquefied petroleum injection)에 의해 액체를 직접 분사하는 방식으로 바뀌어 겨울철 시동성 개선 및 베이퍼라이저에서 액화석유가스를 기화시킬 때 생성되는 타르 발생 방지, 믹서와 베이퍼라이저 없이 인젝터에 의해 분사하는 방식



Fig. 1. Engine room example of a vehicle

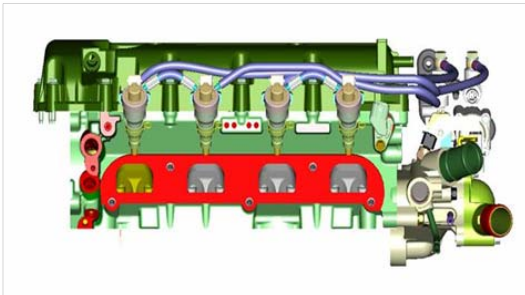


Fig. 2. System example of the LPI engine.

을 사용하고 있다[11,12,13]. 이는 LPG 엔진의 가장 큰 단점인 겨울철 시동성을 크게 개선하여 LPG 엔진 시스템의 효율을 크게 향상시켰다. Fig. 2는 LPI 엔진 시스템의 구성사례를 보여주는 것이다.

III. 엔진부조화에 대한 고장 관련 사례

3.1 점화플러그 조립부 손상으로 인한 엔진 부조화 현상

3.1.1 현상

운전자가 자동차를 운전하던 중 엔진의 부조화 현상이 발생하였다.

3.1.2 분석

문제의 자동차를 시운전한 결과, 시동을 건 다음 상태를 확인하였을 때 엔진의 부조화 현상 및 엔진룸에서 “웅웅”거리는 소음을 확인하였다. 또한, 가속하였을 때 흡기쪽에서 혼합기에 불이 붙어 연소되는 역화 현상이 발생하였다. 이 사례의 경우 점화시스템을 점검하고 확인한 결과, 점화코일이 소손된 것을 확인하였다. 점화플러그의 애자부분이 깨져 있었고, 점화플러그의 나사부가 손상된 것을 확인하였다. Fig. 3은 점화플러그와 점화코일의 손상사례를 보여주는 것이다. 엔진의 실린더 헤드를 분해하여 확인한 결과 실린더 헤드의 점화플러그에 조립되는 나사부가 마멸되어 점화플러그의 나사부의 편심으로 인해 점화플러그 조립이 잘못되어 점화플러그의 불꽃이 누설되어 출력이 떨어지면서 엔진의 부조화 현상이 발생된 것을 확인하였다. 이로써, 부조화 현상의 원인은 엔진의 1번 실린더 헤드부 점화플러그 장착부의 나사부 불량에 의한 점화전압의 누설로 인해 엔진 부조화 현상이 발생된 것으로 판명되었다. Fig. 4는 실린더 헤드의 점화플러그 장착부의 나사산이 손상된 사례를 보여주는 것이다.



Fig. 3. Damaged example of the spark plug and ignition coil.

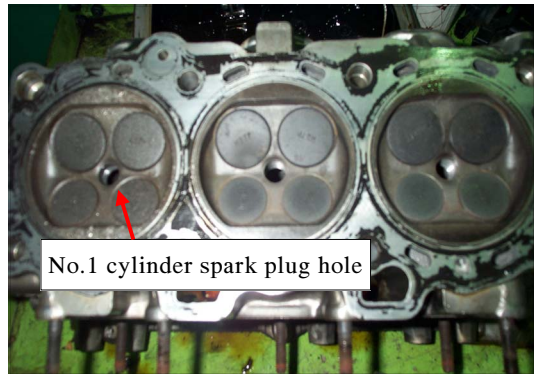


Fig. 4. Spark plug hole damaged example for Number.1 cylinder combustion chamber of cylinder head

3.1.3 고찰

엔진 점화장치의 역할은 엔진이 혼합기를 압축할 때 혼합기의 점화시기에 맞추어 점화플러그에 고압의 전압이 공급되어 불꽃을 발생하여 혼합기가 연소하는 장치이다. 점화장치는 혼합기가 연소를 시작하기 전에 점화시기에 맞춰 점화를 시켜주어야 하고, 이때 불꽃이 누설되지 않고 폭발하여 최적의 연소상태를 유지해야 엔진은 적절한 출력을 낼 수 있다. 따라서, 이 사례의 경우는 초기에 부조화 현상이 발생되었을 때 엔진의 실린더 헤드나사부까지 점검하여 철저히 점검 관리하여 연소폭발가스가 누설되는 원인을 찾는 세심함이 요구된다.

3.2 타이밍 마크 조정불량으로 엔진 부조화 현상 발생

3.2.1 현상

자동차를 운전하던 중 공회전 상태에서 엔진 부조화 현상이 발생되었다.

3.2.2. 분석

시운전을 하여 점검한 결과 자동차를 운전할 때 공회전 상태에서 엔진의 부조화 현상이 발생하였으며, 급가속하였을 때 어느 정도 시간이 지나면 정상으로 돌아왔다. 정비이력을 확인한 결과 점화코일을 교환하였으며, 믹서도 교환하였다. 정확한 원인을 찾기 위해 베이퍼라이저의 가스압력을 측정한 결과 베이퍼라이저 1차실 압력은 0.1kg/cm^2 을 유지하고 있었으며, 연료압력을 조정할 때 연료압력이 상승되지 않았다. 베이퍼라이저의 타르를 제거하는 작업을 하였으나 타르는 없는 것으로 확인되었고, 베이퍼라이저 이물질고착상태로 판단하여 교환하였으나, 동일한 현상이 발생하였다. 점화과형을 분석하였으나 정상으로 확인되었다. Fig. 5는 각 실린더의 점화과형분석을 한 결과를 보여주는 것이다.

정확한 엔진부조화 현상을 찾아내기 위해, 각 실린더의 출력을 점검하기 위해 실린더의 출력부조화 현상을 판별하기 위해 점검하였는데, 압축압력이 변동하는 것을 확인하였다. 실린더의 우뱅크 2, 4, 6번의 압축압력을 측정하였다. Fig. 6은 엔진의 우뱅크 실린더 사이의 압축압력(단위: kg/cm^2)을 측정하여 실린더의 출력평형(Power balance) 측정사례를 보여주는 것이다.

타이밍 벨트를 확인한 결과 이 자동차의 타이밍은 벨트의 타이밍 마크는 19칸에 맞추어야 하나 타이밍

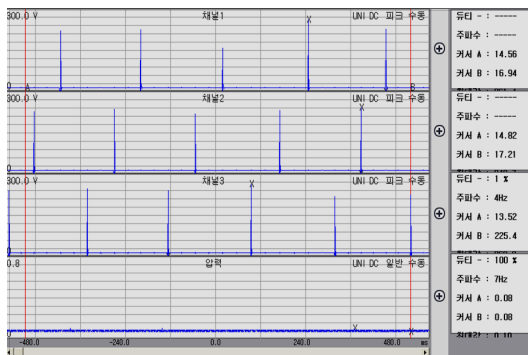


Fig. 5. Ignition pulse form analysis example of cylinders.

마크가 19.5칸에 맞추어진 것을 확인하였다. 즉, 캠샤프트의 위치와 크랭크 샤프트 위치를 맞춘 타이밍 마크가 0.5칸 틀어져 점화시기가 맞지 않아 엔진의 부조화 현상이 발생된 것으로 판단되었다. Fig. 7은 타이밍 마크가 맞지 않은 사례를 보여주는 것이다.

3.3.3 고찰

엔진이 작동할 때 정확한 시기에 점화를 해 주어야 정상적인 연소에 의한 엔진의 출력을 발생시킬 수 있다. 그러나 정확한 시기에 점화를 시켜주지 못할 경우 엔진의 출력이 비정상적으로 발생하게 되고, 엔진은

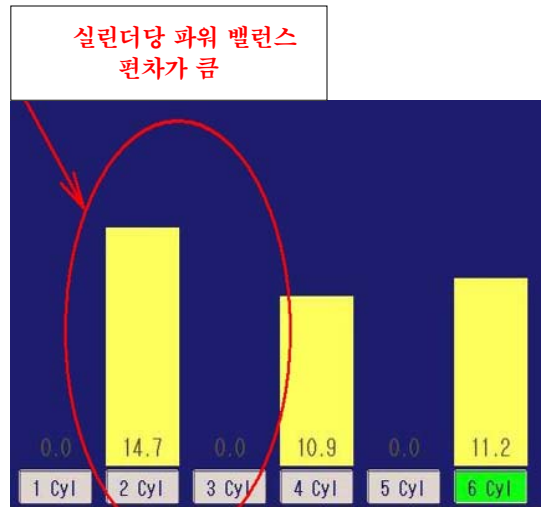


Fig. 6. Power balance measurement example of engine cylinders



Fig. 7. Engine operating incongruity phenomenon example by timing mark maladjustment

작동할 때 부조화 현상이 발생할 수 있다. 따라서, 엔진이 연소할 때 정확한 점화시기에 점화할 수 있도록 타이밍 벨트의 장착상태를 철저하게 점검하여 엔진의 부조화 현상이 발생하지 않도록 세심한 주의를 하도록 하여야 한다.

3.3 실린더 헤드밸브부 이물질 유입으로 인한 간헐적 역화발생 고장사례

3.3.1 현상

운전중에 간헐적인 역화현상이 발생하였다.

3.3.2 분석

문제의 자동차를 시운전 한 결과 주행 중 약한 역화 현상이 발생하였다. 정비이력을 확인한 결과 산소센서 교환, 자동변속기 점검, 베이퍼라이저 교환, 엔진 제어 모듈 등을 교환하였다.

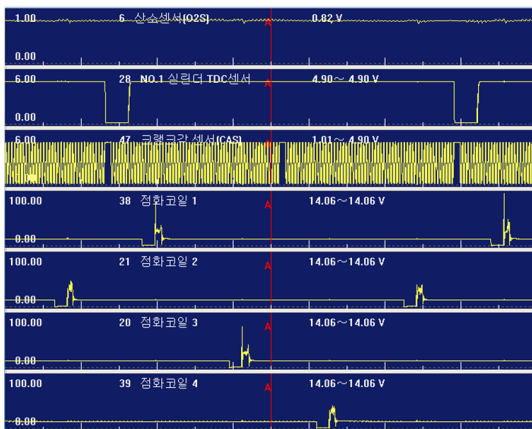


Fig. 8. Pulse form measuring example using trouble shooting tester



Fig. 9. Combustion chamber shape of the cylinder head

차를 운전하고 출발한 다음 60km 정도로 주행할 때 역화현상이 발생하였고, 이후 40km 마다 1회씩의 역화현상이 발생하였다. Fig. 8은 자기진단기를 이용한 과형측정사례를 보여주는 것이다.

원인을 찾고자 고장진단 테스터를 이용하여 자기진단 측정을 하였으나 정상으로 확인되었다. 현상을 재현하고자 로드테크를 이용하여 주행중 이상현상을 확인하였으나 정상이었다. 점화시기도 점검하였으나 정상이었다. 내시경장비를 이용하여 연소실을 점검하였으나 정상적인 차와 비교하였을 때 카본퇴적이 많은 것을 확인하였다. 실린더 헤드를 탈거하여 점검한 결과 Fig. 9에서와 같이 확인한 결과 실린더 3번 포트가 다른 포트와 달리 알루미늄 가루가 많이 묻어 있는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 흡기매니폴드에서 미세한 주물입자를 발견하였다. LPG 엔진에서 역화현상을 확인하기 위해서는 기본적으로 점화시기, 연료성분, 타이밍벨트의 위치, 밸브 개폐시기 등을 중심으로 작업을 하며, 이러한 사례의 경우 매우 진단하기가 어렵다고 할 수 있다. 이 사례의 경우는 점검과 진단장비를 확인하였으나 정상으로 확인되었고, 실린더의 간헐적인 역화현상으로 인해 실린더 헤드를 분해하여 확인한 결과 흡기다기관외의 주물작업 과정에서 주물 찌꺼기가 제대로 제거되지 못하여 3번 흡기포트에서 공기 흐름에 따라 이동하다가 흡기밸브의 닫힘시기를 원활하게 하지 못하여 발생된 사례이다.

3.3.3. 분석

자동차의 고장원인은 다양하게 발생된다는 것을 알고 꼼꼼하게 원인을 찾아내도록 해야한다.

IV. 결론

LPG 자동차의 점화플러그 장착부 손상, 타이밍 조절불량, 실린더 헤드 밸브부 이물질유입 등에 관련된 고장사례를 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 첫번째 사례의 원인은 엔진의 실린더 헤드를 분해하여 확인한 결과 실린더 헤드의 점화플러그 조립되는 나사부가 마멸되어 점화플러그의 나사부의 편심으로 인해 점화플러그 조립이 잘못되어 점화플러그의 불꽃이 누설되어 출력이 떨어지면서 엔진의 부조화 현상이 발생된 것을 확인하였다.
- 2) 두번째 사례의 원인은 캠샤프트의 위치와 크랭크 샤프트 위치를 맞춘 타이밍 마크가 0.5칸 틀어져 점화시기가 맞지 않아 엔진의 부조화 현상이 발생된 것으로 확인되었다.

3) 세번째 사례의 원인은 실린더 헤드를 분해하여 확인한 결과 흡기다기관외의 주물작업 과정에서 주물 찌꺼기가 제대로 제거되지 못하여 3번 흡기포트에서 공기 흐름에 따라 이동하다가 흡기밸브의 닫힘시기를 원활하게 하지 못하여 간헐적인 역화현상을 발생 시킨 것을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] Smith, W., Timoney, D., and Lynch, D., "Emissions and Efficiency Comparison of Gasoline and LPG Fuels in a 1.4 Liter Passenger Car Engine", SAE Paper 972970
- [2] Oh, S., Lee, Y., Kamg, K., Woo, Y. et al., "Fuel Stratification in a Liquid-Phase LPG Injection Engine", SAE Paper 2003-01-1777
- [3] Sobiesiak, A., Hoag, M., and Battocci-Avarzaman, M., "Injector Durability and Emissions from Liquid LPG Port Injected Spark Ignition Engine", 2003-01-3090
- [4] Sawut, U., Takigawa, B., Konagai, G., Yasukawa, H. et al., "Modeling and Engine Speed Control of LPG Injection System", SAE Paper 2008-01-1020
- [5] Saraf, R., Thipse, S., and Saxena, P., "Case Study on Endurance Test of LPG Automobile Engine", SAE Paper 2008-01-2756
- [6] Boretti, A. and Watson, H., "Development of a Direct Injection High Efficiency Liquid Phase LPG Spark Ignition Engine", SAE papper 2009-01-1881
- [7] Chung Kyun Kim, Il Kwon Lee and Seung Hyun Cho, " Study for Failure Examples of Solenoid Valve, Relay and Idle Speed Actuator in Liquid Petroleum Gas Vehicle Engine", KIGAS Vol. 15(3), 47-52, (2011)
- [8] Il Kwon Lee, Young Kyu Kim and Chang Ho Kook, " Study for Failure Cases on Engine Electronic Control Computer in Liquid Petroleum Gas Vehicle", KIGAS Vol.15(6), 27-33, 2011
- [9] Il Kwon Lee, Seung Hyun Cho and Han Goo Kim, "Study for Failure Examples of Injector, Idle Speed Actuator and Gasket in LPi System Vehicle", KIGAS Vol. 16(3), 48-53, 2012
- [10] Hyundai Motors, " Construction of Automotive", (2014)
- [11] Moon H.H, Moon H.Y, Park J.W, " The Culture of New Generation Auto-Engine", Golden-bell, 2011
- [12] Maintenance Manual of Hyundai Motors, (2020)
- [13] Maintenance Manual of Kia Motors, (2020)