



액화석유가스 자동차 엔진의 타이밍벨트, 캠샤프트포지션센서, 점화코일 손상과 관련된 고장사례에 대한 연구

†이일권 · 국창호 · 함성훈 · 김지현 · 이재강*

한승민* · 황우찬* · 황한섭** · 문학훈*** · 이정호****

대림대학교 미래자동차학부 교수, *대림대학교 대학원 석사과정,
수원과학대학교 기계공학과 교수, *오산대학교 자동차과 교수,
****인하대학교대학원 기계공학과 박사과정

(2022년 5월 6일 접수, 2022년 6월 15일 수정, 2022년 6월 16일 채택)

A Study for Failure Examples Including with Timing Belt, Camshaft Position Sensor and Ignition Coil Damage of LPG Vehicle Engine

†IL Kwon Lee · Chang Ho Kook · Sung Hoon Ham · Jee Hyun Kim

Jae Gang Lee* · Seung Min Han* · Woo Chan Hwang* · Han Sub Hwang
Hak Hoon Moon*** · Jeong Ho Lee****

Division of Automotive Engineering, Daelim University College,

**Graduate School of Division of Automotive Engineering, Daelim University College,*

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

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

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

(Received May 6, 2022; Revised June 15, 2022; Accepted June 16, 2022)

요약

이 논문은 LPG 자동차 엔진의 타이밍벨트, 캠샤프트포지션센서 및 점화코일에 대한 고장사례에 관련된 연구이다. 첫 번째 사례는, 엔진의 프론트 케이스 브래킷장착을 할 때 12mm 볼트를 조이면서 과도한 토크로 인해, 볼트가 체결부에서 분리되어 크랭크축의 스프로킷에 끼여 타이밍벨트와 스프로킷의 이 사이에 벨트 간섭에 의해 벨트가 끊어진 것을 확인하였다. 두 번째 사례는, 실린더 헤드부에 설치되어 있는 캠샤프트 포지션 센서와 캠축 감지부의 간극이 너무 작아 센서의 펄스신호불량에 의한 컴퓨터의 인식불량으로 인해 엔진의 부조화현상이 발생된 것을 확인하였다. 세 번째 사례는, 2번 점화코일의 내부불량으로 인해 점화를 할 때 점화코일에서 불꽃이 누설되어 엔진의 부조화 현상이 발생된 것을 확인하였다. 따라서, 차량관리자는 이러한 현상이 발생되지 않도록 철저한 차량점검을 해야한다.

Abstract - This paper is a purpose to study and analyze the failure examples for timing belt, camshaft position sensor and ignition coil of LPG automotive engine. The first example, when the service man install the front case bracket of engine, he excessively tightened up a 12mm bolt for being fixed of bracket. As a results, the bolt was separated from joint part so that it was put in between the crankshaft sprocket. Therefore the belt was broken off because of interference between timing belt and sprocket tooth. The second example, it verified the disharmony phenomenon of engine that the gap of the camshaft position sensor and camshaft sensing point assembled on cylinder head part was small more than irregular value so that the it was generated sensing damage

†Corresponding author: iklee@daelim.ac.kr

phenomenon by pulse signal misconduct. The third example, it was found the engine disharmony phenomenon that the fire in the ignition coil was leaked by inner damage of Number 2 ignition coil. Therefore, the the manager of a car thoughtly have to inspect not in order to arise the failure symptoms.

Key words : Engine, Timing belt, Cam shaft postion sensor, Ignition coil, LPG, Failure

I. 서 론

최근의 자동차는 인류의 혁명을 가져 온 운송기계로 볼 수 있다. 인류는 원형과 같은 바퀴를 동물의 힘으로 회전시켜 기동력을 활성화시켰던 것을 화석연료를 이용하여 작동하는 엔진으로 변화시킴으로써 인류는 인적·물적교류를 획기적으로 향상시키게 되었다. 엔진은 고속운전이 필요하고 회전토크가 그리 크지 않은 자동차의 경우에는 가솔린을 이용한 가솔린엔진, 저속이나 고속으로 회전토크가 큰 화물차나 버스와 같은 경우에는 디젤을 연료로 사용하는 디젤엔진으로 적용되었다. 그러나 이러한 가솔린과 디젤엔진의 경우 배기가스에 의한 대기의 환경오염에 영향을 주고 이러한 화석연료의 연소에 의한 지구온난화라는 지구의 기후변화라는 어려움에 부딪히게 되었다. 따라서, 지구상에 사는 인류의 환경문제를 극복하기 위하여 대체에너지원이 개발의 필요성이 대두되었다. 화석연료의 하나인 액화석유가스엔진을 개발하고 자동차에 적용하여 배기가스의 오염원을 감소시키는 것도 이러한 환경문제를 해결하기 위한 방법이다[1,2,3].

액화석유가스는 믹서와 베이퍼라이저(Vaporizer)에 의한 공급방식은 겨울철 대기의 온도가 낮아짐으로써 시동성의 저하로 인한 시스템의 작동에 어려움이 있다. 그리고 베이퍼라이저에 공급되는 가스의 이동부에 타르가 축적되어 가스의 유입을 방해하여 시동성을 악화시킬 수가 있다. 최근의 액화석유가스 자동차는 액체상태로 분사함으로써 이러한 시동성과 타르의 생성문제를 제거하였다. 이러한 액상직접분사방식의 액화석유가스 자동차의 시스템은 대기의 오염을 최소화하고 연비와 출력도 향상된 것으로 평가되고 있다. 또한, 국내외에서의 액화석유가스차량의 내구성 테스트와 고장사례에 대한 연구도 활발하게 전개되고 있다[4,5,6,7]

따라서, 이 논문은 액화석유가스 자동차의 엔진에 관련된 고장사례를 조사하고, 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 LPG 연료의 특성

액화석유가스(Liquefied petroleum gas;LPG)의 연료는 원유를 정제하는 과정에서 생산되는 부산물의 하나이다. 이 방식은 부탄과 프로탄을 주성분으로 하여 프로필렌, 부틸렌 등을 다소 포함하는 혼합물이다. 액화석유가스는 온도가 상승하거나 압력이 떨어지게 되면 기화하는 특성이 있다. 따라서 습한 가스라고도 일컬어지고 있다. 또한 기체로 된 액화석유가스는 공기보다 1.5~2.0배 정도 무겁다고 할 수 있다. 일반적으로 액화석유가스는 가압되어 액화된 상태로 고압용기에 저장되어 있다.

2.2 LPG 자동차의 제어 메커니즘

2.2.1 베이퍼라이저와 믹서 방식

LPG 자동차의 일반적인 제어 메커니즘은 운전자가 자동차의 시동을 걸면 시동초기, 엔진의 냉간상태에서는 액화석유가스 탱크에서 공급되는 액체와 기체 라인(line)중 기체라인에서 기체의 액화석유가스가 내부압력에 의해 베이퍼라이저로 공급이 되며, 이것이 믹서(Mixer)에서 엔진의 흡기측에 유입된 공기와 일정비율로 섞여 연소실로 들어가게 된다. 그리고

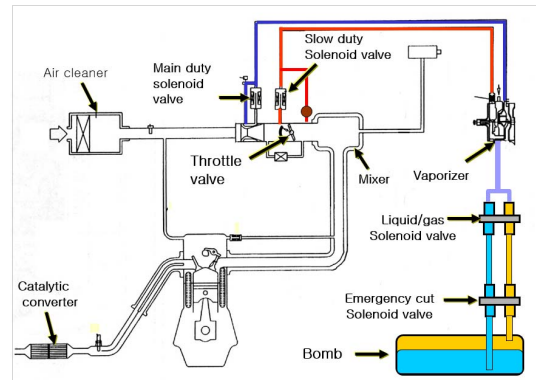


Fig. 1. Control mechanism for a mixer and vaporizer type of a car

엔진의 열간상태에서는 액화석유가스 탱크의 액체라인에서 액화석유가스가 공급되어 연소실에서 연소가 되어 엔진을 작동시킨다. 이러한 작동시스템은 전자 제어시스템에 의해 각부에 설치된 센서(Sensor)와 액츄에이터(Actuator)가 엔진컴퓨터의 제어에 의해 작동하게 되는 것이다[8]. 기화기방식의 LPG 자동차의 제어 구성도는 Fig.1에 보여지고 있다.

2.2.2 액상분사방식

이방식은 액상분사방식(Liquefied petroleum injection :LPI)이라고 하며 LPG 연료를 5~15kg/cm²의 압력으로 유지하면서 엔진의 컴퓨터에 의해 제어되는 인젝터를 통해 각 실린더로 연료를 분사한 장치이다.

액상분사방식은 액상의 연료를 분사하므로 믹서형식의 액화석유가스 엔진구성품인 베이퍼라이저, 믹서 등의 부품은 필요없게 되었으며, 새롭게 적용되는 구성부품은 고압으로 분사하는 인젝터, 액화석유가스의 저장용기인 봄(Bomb) 내장형 연료펌프, 특수한 재료를 사용한 연료파이프, 액화석유가스 분사전용 컴퓨터, 액화석유가스의 압력을 조절하는 압력조절기 등이 적용되었다. 이 방식을 장착한 엔진의 장점은 겨울철 냉간 시동성을 향상, 정밀한 연료제어로 배출가스를 최소화시킬 수 있다. 또한 액화석유가스 연료의 고압 액상 인젝터 시스템으로 타르생성 및 역화발생을 최소화시킬수 있다[9]. Fig.2는 베이퍼라이저와 믹서가 없는 직접분사방식인 LPI방식의 사례를 보여주는 것이다.

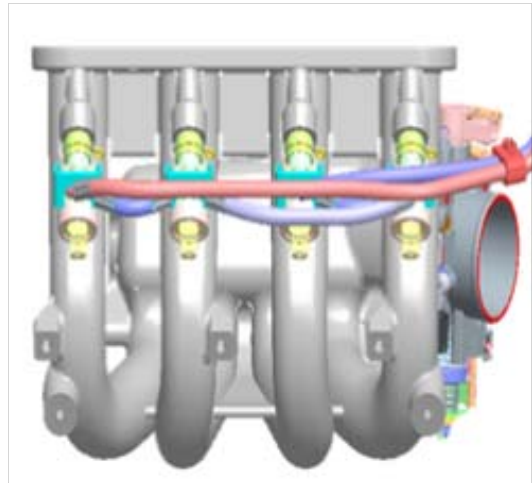


Fig. 2. LPI type example of a car

최적의 출력을 얻는데 대단히 중요하다.

2.3.2 캠샤프트 포지션 센서(Camshaft position sensor)

이 센서는 1번실린더 상사점 센서라고도 부르며, 엔진이 작동할 때 흡·배기밸브의 열림과 닫힘의 정확한 시기(Timing)를 제어하며 캠축에 설치된다. 이 센서는 엔진이 작동할 때 1번실린더의 상사점의 위치를 감지하여 컴퓨터에 입력값을 보내는 역할을 한다.

2.3.3. 점화코일(Ignition coil)

자동차의 점화코일은 배터리로부터 전기를 공급받아 이 전압을 승압시켜, 점화플러그가 엔진의 연소실에 흡입되는 혼합기에 불꽃을 발생시킬 수 있도록 고전압을 공급해주는 점화장치의 구성품 가운데 하나이다.

III. 고장관련 사례

3.1 타이밍벨트부 볼트 유입으로 인한 고장사례

3.1.1 현상

운전자가 자동차를 운행중 자동차의 시동꺼짐 현상이 발생하였다.

3.1.2 분석

상기 차량은 64,500km정도를 주행한 것으로 확인되었다. 자동차의 시동성을 확인하기 위해 재시동을 걸었으나 재시동되지 않았으며, 육안으로 점검한 결과 정상으로 확인되었다. 정비이력을 확인한 결과 사



Fig. 3. Damaged example of timing belt



Fig. 4. Front bracket bolt example moving into crank shaft sprocket

고후 엔진의 실린더헤드, 실린더블록, 타이밍벨트나 체인, 워터펌프 및 오일팬을 교환한 것을 확인하였다. 또한 점화계통 및 연료계통부분도 함께 교환한 것으로 정상으로 확인되었다. 타이밍시스템을 확인하기 위해 프론트 케이스부와 타이밍커버를 분해후 타이밍벨트 부위를 확인하였을 때, 타이밍벨트가 찢어진 것을 확인하였다.

세심하게 확인한 결과, 원인은 엔진의 프론트 케이스 브라켓장착을 할 때 12mm 볼트를 조이면서 과대한 토크로 인해, 볼트가 체결부에서 분리되어 벨트와 함께 이동하여 크랭크축의 스프로킷에 끼여 타이밍벨트와 스프로킷의 이사이 간섭에 의해 엔진의 회전력을 방해하고 벨트가 끊어진 것을 확인하였다. Fig.3은 타이밍벨트의 소손이 발생한 현장사례를 보여주는 것이다. Fig.4는 프론트 브라켓 장착볼트가 이탈되어 타이밍벨트부에 유입된 사례를 보여주는 것이다.

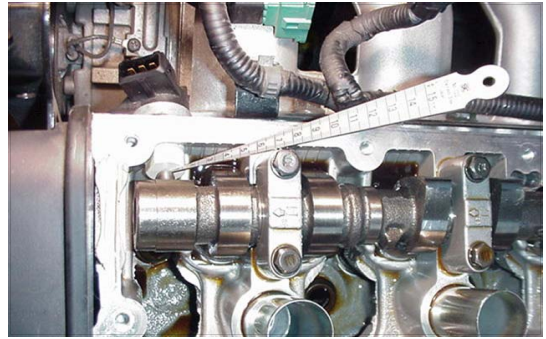


Fig. 5. Installation example of camshaft position sensor

3.1.3 고찰

타이밍 시스템은 벨트 또는 체인으로 연결되어 회전축에 장착된 스프로킷에 연결되어 캠축과 크랭크축이 잇수비율에 의해 1:2의 비율로 회전하게 된다. 이때 타이밍시스템의 타이밍벨트의 내구성이 떨어지거나 마모에 의해 끊어진다면 엔진은 작동을 할 수가 없다. 따라서, 엔진의 작동에 대단히 중요한 역할을 하는 타이밍시스템의 철저한 점검과 관리를 하여야 하며 이 고장사례와 같은 경우 정비를 위해 분해를 하였을 때는 규정에 맞게 분해 및 정비를 하여야 하고 각 체결부의 조임토크를 철저히 준수하여야 한다.

3.2 캠샤프트 포지션센서 장착부 불량으로 인한 엔진 공회전시 부조화사례

3.2.1 현상

운전자가 자동차의 시동을 걸었을 때 공회전시 간헐적으로 부조화 현상이 발생되었다.

3.2.2. 분석

이 자동차는 엔진의 시동을 걸었을 때 공회전상태에서 간헐적으로 5분에 2~3회 정도의 “툭툭”치는 느낌의 엔진부조화 현상이 발생된 것을 확인하였다. 자기진단기를 이용하여 진단을 한 결과 캠샤프트 포지션 센서의 불량으로 확인되었다. 일반적으로 캠샤프트 포지션 센서는 엔진의 1번 실린더 압축 상사점을 검출하여 이를 펄스(Pulse)신호로 바꾸어 엔진의 컴퓨터에 입력시키면 컴퓨터는 이 신호를 기초로 하여 연료분사 순서를 결정하게 된다. 이 자동차의 경우 캠샤프트포지션 센서 커넥터의 상태는 정상이었다. 엔진의 실린더 헤드를 분해하여 세심하게 확인한 결과, 캠샤프트포지션 센서의 간극이 0.2~0.3mm 정도로 측정되었다. 일반적으로 캠샤프트포지션 센서와 캠축에 장착된 톤휠(tone wheel)과의 접촉간극(gap)은 실

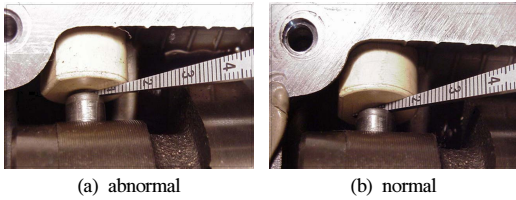


Fig. 6. Installation of camshaft sensor

제의 규정값이 1.1mm[10]라고 할 때 1mm 정도의 오차가 발생된 것을 확인하였다. 이 사례의 원인은 실린더 헤드부 센서장착부의 간극이 너무 작아 센서의 펄스신호불량에 의한 컴퓨터의 인식불량으로 인해 엔진의 부조화현상이 발생된 것을 확인하였다. Fig. 5는 캠샤프트 포지션 센서의 장착위치를 보여주는 것이다. Fig. 6(a)는 센서의 비정상적인 장착사례를 보여주는 것이다. Fig. 6(b)는 센서의 정상적인 장착사례를 보여주는 것이다.

3.2.3 고찰

센서의 감지 작동 범위는 규정값에 맞추어야 한다. 이 캠샤프트포지션 센서의 작동간극은 1.1mm이어야 하나 실린더 헤드부 장착부의 두께가 얇게 가공되어 센서의 돌기부의 접촉저항에 의해 정확한 감지가 되지 않아 센서의 오작동으로 인한 엔진의 작동불량현상이 발생될 수 있다. 따라서, 센서의 민감도와 정확도를 최적화하기 위해서는 센서의 감지부와 상대 접촉 상태를 꼼꼼하게 관리하여야 한다.

3.3 점화코일 불꽃누설에 의한 부조화 현상

3.3.1 현상

운전자가 자동차를 운행하던 중 간헐적으로 공회전 정차상태에서 부조화현상을 발생하였다.

3.3.2 분석

이 자동차는 자동변속기 장착차량으로 자동변속기의 변속레버를 D(Drive)범위, 공회전상태에서 간헐적으로 엔진의 회전수가 불안정하였으며, 차체가 떨리는 현상을 확인하였다. 자기진단 결과 이상이 없는 것으로 확인되었다. 엔진의 센서 출력값도 정상으로 확인되었다. 엔진의 점화과형을 점검하였을 때 점화코일 1차과형이 불량으로 확인되었다. 점화플러그를 교환하였을 때 동일한 현상이 발생되었다.

세심하게 확인한 결과, 2번 점화코일에서 불꽃이 미세하게 누설되는 것을 확인하였다. 따라서, 이 사례의 원인은 2번 점화코일의 내부불량에 의해 불꽃이 누설되어 점화를 할 때 점화코일에서 완전한 점화가 되지 않았으며 엔진의 부조화 현상이 발생되는 것을 확



Fig. 7. Leaking example of spark fire in ignition coil



Fig. 8. Ignition pulse example measuring with diagnosis tester

인하였다. Fig. 7은 점화코일 2번의 불꽃이 누설되는 사례를 보여주는 것이다. Fig. 8은 점화코일에서 불꽃이 누설되는 사례에 관련된 점화과형 측정사례를 보여주는 것이다.

3.3.3. 고찰

자동차의 점화장치인 점화코일은 자동차가 운전 중 연소실의 혼합기가 연소하기 위해 적당한 시기에 혼합기에 불을 붙여 주어야만 엔진의 힘을 발생할 수 있다. 따라서, 점화장치의 점화상태를 철저히 관리하여 고장현상이 발생하지 않도록 하여야 한다.

IV. 결론

LPG 자동차의 타이밍벨트 끊어짐, 캠샤프트 포지션센서 접촉불량, 점화코일 불량에 관련된 고장사례를 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 첫번째 사례는 엔진의 프론트 케이스 브래킷장착을 할 때 12mm 볼트를 조이면서 과대한 토크로 인해, 볼트가 체결부에서 분리되어 크랭크축의 스프로킷에 끼여 타이밍벨트와 스프로킷의 이 사이에 걸림에 의해 벨트가 끊어진 것을 확인하였다.

2) 두 번째 사례는 실린더 헤드부 캠샤프트센서와 캠축 감지부의 간극이 너무 작아 센서의 펄스신호불량에 의한 컴퓨터의 인식불량으로 인해 엔진의 부조화현상이 발생된 것을 확인하였다.

3) 세 번째 사례는 2번 점화코일 내부불량에 의해 불꽃이 누설되어 점화를 할 때 엔진의 부조화 현상이 발생된 것을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] 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*, 15(6), 27-33, (2011)
- [2] Sierens, R., "An Experimental and Theoretical of Liquid LPG Injection", SAE Paper 922363
- [3] David Agostinelli. D., Nick Carter, Gowen Fang, Ferenc Hamori, "Optimization of a Model-fuel Liquid Phase LPG MPI Fuel System", SAE Paper 2011-01-0382
- [4] Saraf, R., Thipse, S., and Saxena, P., "Case Study on Endurance Test of LPG Automobile Engine", SAE paper 2008-01-2756
- [5] 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*, 16(3), 48-53, (2012)
- [6] Chung Kyun Kim and Il Kwon Lee, "Failure Case Studies of Sensors for Electronic Controlled Engine in LPG system", *KIGAS*, 14(4), 56-61, (2010)
- [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*, 15(3), 47-52, (2011)
- [8] Hyundai Motor Company, "Service Manual-EF Sonata Taxi", (1998)
- [9] Hyundai and Kia Motors "Electronic Control LPI System Service Manual-EF Sonata Taxi", (2003)
- [10] Lee I. K., et al., "Fault Diagnosis of Automotive", Sunhak, (2003)