

통합히터 성능평가장치를 통한 생산 공정 개선

Improvement of Production Process based on Performance Evaluation System of Unified Heater

한 우 현*, 윤 달 환***

Woo-Hyun Han*, Dal-Hwan Yoon***

Abstract

This paper presents improvement of the production process of a unified fuel heater with the help of the performance evaluation system. In order to enhance a starting capability of diesel-engine car, the unified fuel heater is proposed, which consists of main body, upper plate, stopper, lower plate, PTC, screw, bimetal and terminals. In the proposed heater, the sensor is combined with heater body not only to maximize the performance of car but also to reduce the production cost. The performance test chamber is proposed to evaluate the performance of heater. Especially, an effective manufacturing progress for assembling the heater elements can cut down expenses.

요 약

본 연구에서는 디젤 차량용 통합형 연료히터와 성능검사 시스템구현을 통해 생산공정을 개선한다. 센서와 히터가 분리된 연료히터를 히터내에 센서를 안착시켜 통합함으로써 일체형 통합히터를 개발하고, 성능평가 시스템 개발을 통하여 시험한다. 이때 성능평가 시스템은 통합히터를 구성하는 body, upper plate, stopper, lower plate, PTC, screw, 바이메탈 및 외부 터빈날의 특성을 분석하고, 통합히터의 생산성을 결정한다. 저온 유동성시험장치에서는 극저온에서 고온사이 동작검사, 시험저항 설정에 따른 저항동작지연 및 전류동작지연, 온도변화에 따른 바이메탈 지연 검사, 블록히터의 전류 및 저항 검사, 히팅 온전검사 등을 수행한다. 따라서 효율적인 생산공정 과정을 통해 연료히터의 성능을 개선하는 생산공정 개선 알고리즘을 제시한다.

Key words : leak tester, test chamber, manufacturing progress, performance evaluation, element construction.

1. 서론

디젤엔진은 연비 면에서 경제적인 이점을 가지므로 현재 많은 자동차가 채택하고 있다[1]. 최근 직접분사

식으로 커먼레일(common rail direct injection : CRDI)엔진을 대부분 사용하며, 정밀 전자제어가 가능한 압축장치(압축 어큐뮬레이터, 레일)와 응답성이 뛰어난 연료 직접분사장치(인젝터)를 이용하여 운전 상태에 맞게 연료를 분사해주는 엔진이다[2].

다만 겨울철 저온환경에서 디젤엔진이 냉각될 경우 최초 시동을 위한 점화가 원만하지 못하여 시동성이 떨어지는 단점이 있다. 특히 디젤엔진의 연료인 경우는 일정한 온도 이하로 내려가면 파라핀과 같은 반고체 상태인 왁싱(Waxing)물질을 형성하여, 엔진시동이 잘 걸리지 않게 하는 원인이 되고 있다[3]. 이와 같은 시동성 불량 해소를 위해 일반적인 디젤엔진의 경우, 시동전 연소실 내부의 공기온도를 점화에 유리한 온도까지 빠른 시간 안에 도달될 수 있도록 보조

* Sinwoohitec. Co. Ltd.

*** Dept. of Electronics Engineering, SeMyung University, yoonhdh@semyung.ac.kr, 043-649-1308

※ Acknowledgment

(This research was financially supported by the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE), Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) and Gangwon Institute for Regional Program Evaluation(GWIRPE) through the Leading Industry Development for Economic Region)

Manuscript received Mar. 4, 2014; revised Mar. 8, 2014; accepted Mar, 11, 2014

하는 별도의 장치를 널리 채택하고 있는데, 이것을 블록히터라 한다[4]. 블록히터의 히팅 방식 중에서 많이 사용되고 있는 것이 정온도 계수 (positive temperature coefficient : P.T.C)방식의 히터이다.

현재 승용디젤 차량용 및 S.U.V 차량용에는 65 W 정도의 발열량을 지닌 P.T.C 소자 4개를 사용하고, 고압펌프의 정격유량은 60 l/min 정도이다. 공급되는 전원은 12 V로 승용차, SUV 및 적재중량이 0.5톤 소형화물 차량용 엔진에 적용하고 있다[5].

히터와 연료필터가 결합된 장치는 연료필터 여과재로부터 분리된 물이 필터 아래 부분에 일정량 이상 채워지면, 수분이 일정량이상 일 경우 수분을 배출하라는 신호를 물센서가 체크한다. 여기서 세라믹 P.T.C는 온도가 상승함에 따라서 저항이 정(正)으로 상승하는 특성을 이용하여 전류를 제어하는 레지스터이다[6]. 즉 어느 온도 이상 도달하면 저항이 커지며 전류를 차단한다.

본 연구에서는 히터의 안정성 및 견고성은 물론 생산공정 효율을 높이기 위해 공정개선 알고리즘을 제시한다. 성능을 평가하는 시험챔버를 통해 품질검사를 효율적이고 더 많은 수량의 처리량을 확보하는 시스템 개발과 동시에 검사에 소요되는 시간을 최소화하는 알고리즘을 제시한다.

II. 통합형히터 생산공정

디젤엔진에 사용하는 경유의 유동성을 향상시키기 위한 통합형 연료히터의 핵심부품은 설계에 따라 3D 형상을 구성한다.

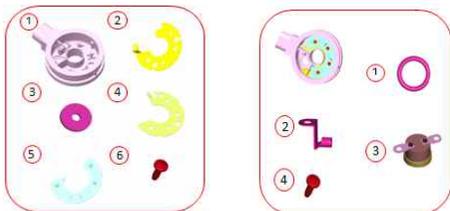


Fig. 1. Elements of unified heater
그림 1. 통합히터 소자들

그림 1(a)처럼 열을 방출하는 부위로 ① 플라스틱 몸체(plastic body), ② 하측플레이트(lower plate), ③ PTC 소자, ④ 상측플레이트(upper plate), ⑤ 정지기(stopper), ⑥고정나사가 있고, (b) ① O형 고무링, ② 바이메탈 고정핀, ③ 바이메탈 및 ④ 스크류로 구성된다.



Fig. 2. Body assembly process of unified heater
그림 2. 통합히터의 바디부 조립공정

그림 2는 그림 1(a)에 설명한 순서대로 고정과정을 거친 통합히터를 나타낸다. 스크류 체결시 공정규격 6~ 7.5 kgf*cm로 토크를 설정하여 조립한다.



Fig. 3. Bimetal assembly process
그림 3. 바이메탈 조립공정

그림 3은 그림1(b) 바이메탈 안착으로 번호순으로 공정조립 과정을 나타낸다.

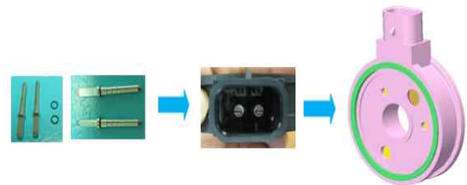


Fig. 4 Ring seal and terminal insertion process
그림 4. 링실과 터미널 삽입공정

그림 4는 바디 외곽에 ① 오형링(O-ring), ② 터미널 압입과 최종 ③ 링실(Ring-seal) 삽입과정을 거쳐 완성된다.

III. 수밀시험 및 챔버시험

블록히터의 성능과 내구성에 대한 무결점 시험을 위해 전력은 260W(오차 5%), 시험전압 DC 13V에서 - 23 °C부터 스위치 전환 On(-3°C±4°C)와 Off(17°C±4°C)이고 최대전류는 25 A를 사용한다. 이때 연료는 200 sec동안 유도되며, 누설시험은 분당 3, 5 및 7 bar로 반복한다.



Fig. 5. Leak test of fuel heater

그림 5. 연료히터의 수밀검사

그림 5는 수밀시험으로 제품에 공급되는 압력을 확인하고, 제품 10개를 지그에 안착한 후, 고정벨브로 고정한다. 가압시간 5 sec로 70초 동안 기밀검사를 시행하며, 터미널 부위와 바디전체에 기포가 발생하는지 확인한다. 검사 후 히터바디에 물기를 완전히 제거한다.

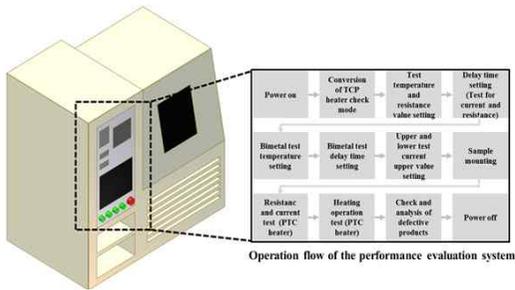


Fig. 6. Evaluation system for testing electric performance and trouble detection

그림 6. 전기적 성능 및 불량품 검출을 위한 성능평가 장비

그림 6은 전기적 성능 및 불량품 검출을 위한 성능평가 장비로 검사 항목은 상온, 극저온, 극고온에서 동작검사 및 시험저항 설정에 따른 저항 및 전류동작 지연시간, 온도변화에 따른 바이메탈 지연시간 검사, 블록히터의 전류 및 저항 검사, 히팅 운전검사 등을 시험한다[8].

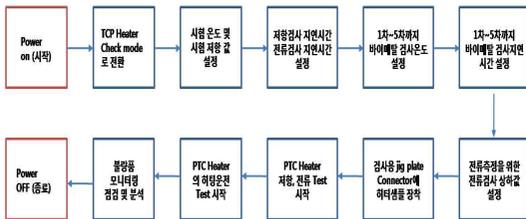


Fig. 7. Test process for performance evaluation

그림 7. 성능평가용 시스템 공정

그림 7은 성능평가시스템의 시험공정으로 연료히터 생산성 향상을 위해 저비용 고효율의 생산공정 알고리즘에 따라 시스템을 구동한다.

연료필터의 바디형상을 변경하여 열전도도 향상과 유동 성능을 향상시키는 방법 개발을 통해 P.T.C 히터의 발열량을 신속히 히터내로 전달시키고, 유체의 유동성 향상을 위해 센터파이프를 적용하는 알고리즘으로 내구성 판단기준을 설정한다.

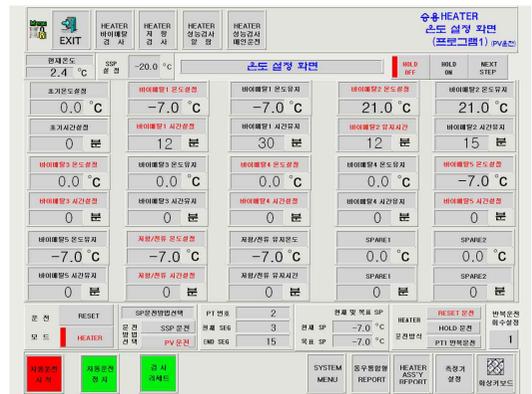


Fig. 8. Setting monitor for testing the heater

그림 8. 히터를 시험하는 모니터 화면

그림 8은 성능검사기 공정별 시험화면을 나타낸다.

IV. 공정개선 및 시험결과



Fig. 9. Block heater assembly and performance evaluation flow

그림 9. 블록히터 조립과 성능평가 공정

그림 9는 블록히터의 조립과 성능평가까지 흐름도를 통해 문제가 발생할 수 있는 공정개선 알고리즘을 도출한다. 그림 9에서 바디사출시 터미널 이격이나 수밀검사에서 기포가 발생하면 제품의 불량을 찾아내게 된다. 이때 수밀검사에서 바디의 터미널 이격으로 인

해 재보정이 이루어질 수 있다. 수밀검사가 완료되면 예폭시 작업이 이루어지며, 시험챔버로 넘어간다. 이때 시험챔버에서 각종 전기저항 및 온도변화에 대한 특성 검출이 이루어진다.



Fig. 10. Bimetal's resistor measurement
그림 10. 바이메탈 저항 교정

그림 10은 그림 9의 공정과정 중에 저온챔버 내부와 목표온도에서 바이메탈의 통과저항을 측정하는 장면을 나타낸다. 상온과 2.5°C에서 통합히터의 바이메탈 통과저항과 비통과 저항을 측정한다. 이는 바이메탈의 성능이 히터의 성능에 미치는 영향이 크기 때문에 정상온도 준거하여 그 특성을 평가한다. 실제로 히터가 타는 경우를 분석하면 바이메탈부가 녹는 현상이 두드러졌다.

Table 1. Resistance after test

표 1. 시험 후 저항

No.	Resistance after test(Ω)	
	+,- connector	Resistor line
1	5.02Ω	4.99Ω
2	5.05Ω	5.02Ω
3	5.07Ω	5.04Ω
4	4.84Ω	4.80Ω
5	4.74Ω	4.72Ω
6	4.88Ω	4.86Ω
7	4.93Ω	4.89Ω

표 1은 2.5°C에서 시료의 커넥터와 저항선의 전후저항을 나타낸다. 이는 히터 파손의 일정 원인이 바이메탈이 녹는데 기인하여 저항을 분석을 통해 품질의 균일성이 유지되고 있는가를 알기 위함이다.

Table 2. Resistance and current before test

표 2. 시험전 저항과 전류, 발열량

시료 수	시험전 저항(Ω)		전류 (A)	발열량 (W)
	+,- 커넥터부위	저항 측정선부위		
1	37.54Ω	4.99Ω	6.6	188.76
2	16.09Ω	5.02Ω	6.8	194.48
3	16.37Ω	5.07Ω	6.7	191.62
4	25.74Ω	4.80Ω	6.8	194.48
5	8.11 Ω	4.70 Ω	6.9	197.34
6	15.52Ω	4.87Ω	6.8	194.48
7	6.36Ω	4.90Ω	6.7	191.62

표 2는 2.5°C에서 표 2의 7개 바이메탈 시료로 Thermostat 내부 접점 저항에 따른 시험 전 저항과 전류 및 발열량을 나타낸다. 히터의 PTC 발열과 바이메탈의 저항성분에 의한 발열이 비교되고, 차량 시동시 예열시간동안 이후 존속된 차량 운전시간이 길어질 때, 바이메탈의 성능이 저하됨에 따라 녹는 현상이 나타나는 주요인이 된다. 따라서 저하 현상을 방지하기 위해 바이메탈 생산시 청정rooms을 설치하고 바이메탈 접점부 미세 먼지나 바이메탈 금속의 접촉능력 및 반복적인 접점 동작을 분석하여 히터 생산공정에서 품질 및 생산효율을 높이는 효과를 얻는다.

시료 5의 경우 발열량이 가장 크고 시동 이후 존속되는 운전동안 바이메탈이 불량인 경우 전체와 비교하여 불안정한 바이메탈 부품으로 판단한다.



Fig. 11. Cavity reform of heater connector
그림 11. 통합히터의 커넥터 이탈력 보정

그림 11은 누설시험과정에서 히터의 불량원인으로 접촉단자의 커넥터 이탈력으로 수밀불량이 발생한 사례이다. 누설검사에서 오일에 히터를 입수한 후 압력을 가하면, 커넥터부의 접속에 이탈력으로 기포가 형성되며 수밀불량으로 판정하고, 이탈력을 보정한다.

Table 3. Main process, used man and production quantity per 8 hour process

표 3. 주요공정, 사용인원 및 8시간당 생산량

주요공정명	SEC/1EA	EA / 1HR	일생산량 8시간	일일생산 수량 (85%)
10. TERMINAL -ORING 끼우기	2.5초	1,440EA	11,520EA	9,792EA
20. BODY,L-U PLATE, PTC, STOPPER, SCREW 조립	20.0초	180EA	1,440EA	1,224EA
30. Bimetal ass'y, Oring, Connector, SCREW 조립	12.0초	300EA	2,400EA	2,040EA
30-1. BIMETAL 부위 에폭시도포(12hr건조) - 선작업	15.0초	240EA	1,920EA	1,632EA
40. TERMINAL 압입 - (설비)	12.0초	300EA	2,400EA	2,040EA
50. EPOXY도포 - (설비) (12hr건조)	20.0초	180EA	1,440EA	1,224EA
60. RING SEAL 조립	8.0초	450EA	3,600EA	3,060EA
70. 기밀검사 - (설비)	15.0초	240EA	1,920EA	1,632EA
80. 상능검사 - (설비)	120.0초	30EA	240EA	204EA
90. LOT NO 라인 및 포장 - (설비)	5.0초	720EA	5,760EA	4,896EA
	229.5초	18EA	125EA	107EA
	투입인원	2.0명	251EA	213EA

표 3은 주요 공정명, 투입인원 및 8시간 공정에 따른 일생산량과 수량을 나타낸다. 표 4에서 전체 공정 투입인원에 대해 히터 1개를 생산하는데 걸린 시간은 229.5초이고, 8시간 일일 생산시 생산량을 계산한다.

따라서 각 시험검사항목 진행순서를 최적화로 생산공정의 효율성을 제고한다. 이때 시간이 적게 소요되는 검사항목은 앞쪽에 많이 소요되는 검사항은 뒤로 배치하여, 초기에 불량으로 판별된 샘플은 실시간으로 적출해 냄으로써 시험 소요시간 최소화한다.

V. 결론

본 연구는 디젤차량용 통합형 연료히터와 성능평가 시스템을 통하여 제품의 공정개선 및 안정화를 이루었다. 특히 IT융합기술에 기반한 시험챔버에서 히터 열체크 모듈 전환, 시험온도와 시험저항, 히터의 저항검사 및 전류검사를 통하여 불량을 모니터링 및 점검을 효율적으로 수행하고, 기밀시험에서 히터 터미널 이격 발견에 따른 신속한 보정을 통해 제품의 완성도를 높였다. 따라서 최종 생산까지의 공정별 문제점 발견, 투입인원 및 생산소요시간, 생산량 산출의 정확성을 체크할 수 있게 됨에 따라 생산제품의 전사적 관리가 가능하게 되었다.

References

- [1] Buomsik Shin, Myungseok Lyu, Kyuhoon Choi, "The Effect of Injection Pressure Variations by Using Common Rail on the Smoke and Fuel Consumption in a Small HSDI Diesel Engine," Fall conference proceeding, KSAE, pp.97-302, 2000
- [2] Sung Wook Park, Hyung Jun Kim, Chang Sik Lee, "Investigation of Atomization Characteristics and Prediction Accuracy of Hybrid Models for High-Speed Diesel Fuel Sprays," SAE 2003-01-1045, 2003.
- [3] Ju Sub Jang, Yeong Hwan Yoon, "Analysis Model for Components Design of Common Rail Fuel Injection System," KSAE, Vol.17, No.3, pp. 117 - 126, May 2009.
- [4] Se Doo Oh, Jeung Gwen Park, Ho Gil Lee, Gi Su Lee, Yeung Duk Pyo, Su Jin Jeung, "Performance Characteristics of 3 Liters Level Common Rail DME System Engine," Proceedings of KSAE, pp 649 - 652, Nov. 2010.
- [5] Young Cheol Kim, Nak Sub Seung, GunSu Jin, Hu Tak Jo, "A Study on High Voltage

PTC Heater for Cars," Proceedings of KSAE, pp.560 - 564, May 2011.

- [6] Jongsuk Lim, Seungsuk Oh, Jaesung Chung, Kangyoon Lee, MyoungHo Sunwoo, "Development of a Combustion Phase Indicator for Real-Time Combustion Control in CRDI Diesel Engines," Annual Conference and Exhibition Proceedings of KSAE, pp.14~19, 2010

BIOGRAPHY

Han Woo-Hyun (Member)



1985 : BS degree in Industrial Engineer, Inha-Ha University
2013 : Sinwoohitec Co. Ltd President

Yoon Dal-Hwan (Member)



1984 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1986 : MS degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1994 : PhD degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1987. 7 ~ 1994. 6 : Professor in Electronic Engineering, Korea Military Academy.
2005. 7 ~ 2009. 2 : President of HIWIN Co. Ltd. 1995. 3 ~ Professor in Electronic Engineering, SeMyung University
Main : Communication and Signal Processing, Medical Signal Processing, LED Convergence Circuit, Elements and Devices for Cars