

HALT를 통한 고압연료펌프의 취약점 검출 및 분석에 관한 연구

김 성 옥^{*)} · 박 상 옥¹⁾ · 이 진 식¹⁾ · 신 용 남²⁾

자동차부품연구원¹⁾ · 모토닉(주)²⁾

A study on the weak point detection and analysis of high pressure pump through the HALT

Sungok Kim^{*)} · Sangwook Park¹⁾ · Jinsik Lee¹⁾ · Yongnam Shin²⁾

¹⁾Korea Automotive Technology Institute, 303 Pungse-ro, Pungse-myeon, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, Korea

²⁾Motonic Company, 530, Dalseo-daero, Dalseo-gu, Daegu, Korea

Abstract : A study on high pressure fuel pump was detected the weak point through the HALT and analyzed the main failure mode through the failure analysis test. According to the results of HALT, the detected weak point of high pressure fuel pump is the failure of coil due to the high temperature and the failure of welding crack due to the continuous vibration. The final results are follows; i) The failure of coil is gradual failure for high temperature cause of effect the self-heating and environments temperature together. ii) The failure of welding crack is lack of shape for the weld bead, which can determine the strength of the welding and cracking defects.

Key words : HALT(초가속수명시험), Analysis(분석), Weak point detection(취약점 검출), Gradual failure(열화고장), Welding failure(용접파손)

1. 서 론

자동차의 핵심부품에 대한 기술력 차이 극복, 무역역조 탈피, 차량가격 경쟁력을 갖추고 국산화개발과 차종에 대한 부품 적용 확대를 위해서는 무엇보다도 제품의 고신뢰성 확보가 필수적이다.

개발제품의 초기품질을 확보하는 것도 중요하지만 개발단계에서 제품의 취약점을 검출하고 고장에 대한 분석기법을 활용하여 제품을 강건하게 설계하고 개선함으로써 제품의 기본성능 및 내구성능 향상과 더불어 초기 신뢰성을 확보하기 위한 신뢰성 검증이 필요하다.

제품의 취약점을 검출하기 위한 HALT(초가속수명시험)은 가속스트레스 시험법 중의 하나로 아이

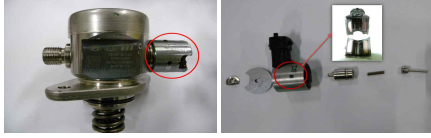
템을 대상으로 계단형 스트레스와 복합스트레스를 적용하여 고장을 촉진함으로써 스트레스에 따른 제품 강도의 마진 분석과 설계상의 약점을 발견하고 개선하기 위한 강건설계 목적으로 하는 시험이다.

고장분석은 제품의 개선 프로세스 및 신뢰성 평가에 있어서 가장 중요한 부분으로 제품의 고장모드에 대한 원인규명을 하기 위해 물리, 금속, 화학적인 방법 등의 분석기법을 이용하여 신뢰성 문제의 근본원인을 파악하는 것에 기초하고 있다.

본 연구에서는 직분사 시스템의 고압연료펌프 개발품을 대상으로 HALT와 고장분석기법을 활용하여 주요스트레스에 대한 제품의 설계 취약점을 검출하고 이에 대한 고장 원인을 규명하여 제품의 신뢰성을 확보하고자 한다.

2. 본 론

- 1) HALT 시험결과, 제품의 취약점을 검출한 결과 고온스텝 스트레스에서는 전류과형 이상이고 연속진동 스트레스에서는 체결부위의 파손이다.



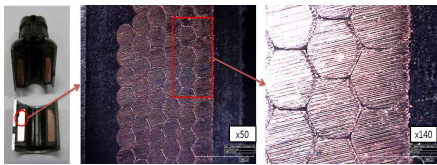
(A) 전류과형이상 - 코일



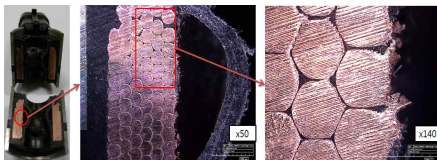
(B) 체결부 파손 - 밸브

Fig.1 HALT 에서 검출된 취약점 위치

- 2) 코일 단면을 3D 디지털 현미경으로 관찰하여 분석한 결과, 정상품의 코일 내부의 권선은 6각의 형태로 배열이 되어 있고 권선사이에 절연 Resin 침투가 완전한 절연체의 형태를 보여주고 있으며 이상이 없다. 반면에 고장품의 코일은 고장이 발생한 코일 내부의 권선은 둥근 형태로 변형이 발생하여 배열이 깨끗하지 못하고 권선 간 절연층 사이가 벌어져 공극이 발생하였으며 열로 인한 절연층 변형으로 침식된 형태와 내부 부풀음 현상이 발생하였다.



(A) 정상 코일 내부



(B) 고장 코일 내부

Fig.2 코일단면 분석결과

- 3) 용접면을 분석한 결과, 인렛 밸브의 피팅이 수직으로 완전히 체결되어야 하나 용입불량 등으로 들뜸 현상이 있고 모재와 용접부의 경계면에서는 용접균열 등의 결함이 발생하였다.

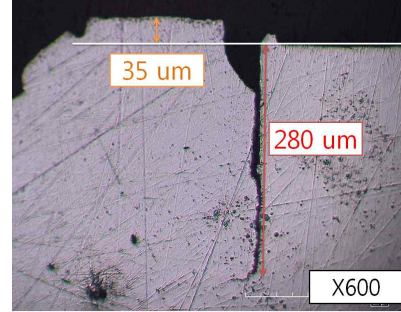


Fig.3 용접단면 분석결과

3. 결 론

본 연구에서는 HALT와 고장분석기법을 이용하여 고압연료펌프의 취약점을 검출하였고 고장현상에 대한 원인을 규명하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고압연료펌프 코일의 고장은 절연열화로 주요 고장원인은 주변의 환경온도와 제품의 자기발열에 따른 고온열화에 의한 고장이다.
- 2) 용접부의 크랙 파손 고장은 용접 작업요소에 영향을 미치는 용접부위의 작업공간 협소 등 구조적 한계와 이에 따른 결과로 균열결함 및 제품의 용접강도를 결정지을 수 있는 용접비드의 형상 부족이다.

References

- 1) GMW 8287, "Highly Accelerated Life Testing", GM, pp. 1~18, 2002
- 2) Jong Seok Lee, "Study on the method of Insulation Diagnosis in the winding of High Voltage Rotating Machine", Chungnam National University, 2014
- 3) Sang Hu Park, "Modeling Scheme for Weld-Jointed Parts for Precise Structural Analysis of Large-Scale Structures", KSME, Vol. 36, No. 10, pp. 1195~1203, 2012
- 4) Gyo Du Kim, Welding Handbook, pp. 3~330, Daegwangseorim, 2010