

전자제품용 컴프레서의 가속열화시험에 관한 연구

이후진* · 윤원영**

LG전자* · 부산대학교**

An Accelerated Degradation Test of a Electronics Appliance Compressor

Hoo-Jin Lee* · Won Young Yun**

LG Electronics* · Department of Industrial Engineering, Pusan National University**

Abstract

In this paper, an accelerated degradation test procedure for an electronic appliance compressor is proposed. We investigate the amount of wear of the compressor and consider several factors as accelerating factors. Finally we select the operating pressure as a main accelerating factor. The test condition of accelerated degradation test is determined. The modified accelerating test reduces the test time in design phase by using the suggested accelerating factor.

Keyword : Accelerated degradation test, compressor, accelerating factor, operating pressure, operating temperature

1. 서 론

최근에는 저항, 커패시터 등 전자부품에서 이동 통신 교환기, 지하철 등 대형 시스템에 이르기 까지 해외 바이어들이 제품의 신뢰성 보증을 요구하는 사례가 증가하고 있다. 한편, 기술발전 속도가 빨라짐에 따라 제품의 라이프 사이클(Life Cycle)은 점점 짧아지고 있고, 제품 개발 기간도 기업의 경쟁력 제고를 위하여 짧아지고 있다. 따라서 개발단계에서 제품의 신뢰성 보증을 위한 충분한 시간이 부족한 실정이며, 특히 전자·정보통신 제품의 경우 빠른 기술 발전에 따른 신 재료, 신 부품 및 신기술에 대한 평가를 위해 주어진 시간이 적으므로 품질 및 신뢰성이 문제화될 수 있는 가능성은 상존한다고 할 수 있다.

기업에서는 설계 인정 또는 양산 제품의 신뢰성 보증을 위한 신뢰성 시험을 하고 있다. 한편, 높은 신뢰성을 갖는 제품의 신뢰성 시험에는 오랜 기간과 많은 비용이 소요될 뿐만 아니라 짧아진 제품 개발기간 내에 완료하기도 어렵다. 따라서 빠른 시간 내에 제품의 신뢰성을 확인할 수 있는 가속시험(Accelerated Testing)의 필요성이 날로 증가하고 있다.

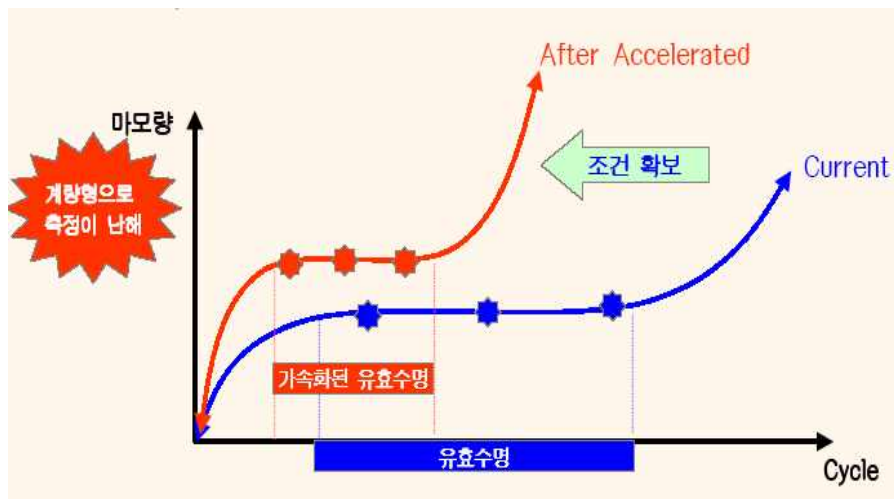
가속시험은 시험대상, 목적 및 방법에 따라서 가속수명시험(ALT:Accelerated Life Test)과 가속열화시험(Accelerated Degradation Test), 가속스트레스시험(AST:Accelerated Stress Test)으로 구분할 수 있다. 가속수명 시험은 주로 부품에 적용되며, 실제 사용 조건보다 높은 스트레스 수준에서 관측된 수명 데이터들을 수명분포(대수정규 분포, 와이블 분포 등)와 수명-스트레스 관계(아레니우스, 역거듭제곱, 아이링 등)를 이용하여 분석하고, 이로부터 사용조건에서의 수명을 추정한다 배도선과 전영록(1999), LG전자 품질센터 신뢰성팀(1998), LG전자 품질센터 신뢰성팀(2000), 이기화와 윤원영(2009), 정해성 외(2000). 가속열화시험은 고장이 잘 발생되지 않는 고신뢰도 제품의 신뢰성을 확인하고 보증하는데 유용하게 사용되며, 정상 사용조건보다 높은 스트레스 조건하에서 성능 특성이 시간에 따라 열화되는 정도, 즉 열화량을 측정하여 시간에 따른 열화량 변화에 대한 모형을 추정하고, 추정된 모형으로부터 정상조건에서의 수명을 추정한다 이낙영(1995), 천성일 외(1999), 최규명과 이낙영(1986), MIL-HDBK-338-B(1998), Lu and Meeker(1993), Lu et al(1996), Nelson(1990). 가속스트레스 시험은 어셈블리 수준의 제품에 적용되며, 사용조건보다 가혹한 수준의 스트레스를 인가하여 설계상의 결함을 확인하기 위하여 주로 사용된다. 최근 많은 관심을 끌고 있는 가속스트레스 시험인 HALT(Highly Accelerated Life Testing)에서는 온도, 진동 및 이들의 복합 스트레스를 계단형으로 적용하기도 한다 Nelson(1990).

본 연구는 전자제품의 수명에 중요한 영향을 가진 컴프레서(Compressor)의 신뢰성평가와 관련된 연구이다. 컴프레서의 개발에 있어서 신뢰성 평가는 가장 중요한 활동이고 절차이며, 컴프레서 개발기간의 가장 큰 부분을 차지한다. 본 논문에서는 냉장고용 컴프레서의 개발과정에서 필수적인 가속시험의 기간단축을 위해 가속 열화시험 방법에 대해 알아보고, 적절한 가속시험 방법을 도출하여 현장에 적용 가능한 가속 시험법을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 컴프레서의 가속 열화시험

컴프레서(Compressor)의 가속열화시험은 정상적인 Crank Shaft 축부 마모(Wear)가 빨리 일어나도록 가속인자로 운전압력(Pressure)과 운전시간(On-Time), 정지시간(Off-Time), 운전횟수(Cycle)를 사용할 수 있다. 컴프레서의 가속시험 방법은 현재 운전압력(Pressure)을 결정하고, 정격전압을 인가하여 운전시간(On-Time) 15초, 정지시간(Off-Time) 15초를 1 운전횟수(Cycle)로 누적 운전횟수가 컴프레서별 요구 운전횟수까지 운전됨을 확인하는 방법이 사용되고 있다. 컴프레서의 수명은 Crank Shaft 축부 마모(Wear)로 나타낼 수 있으며, Crank Shaft 축부 외경과 Frame 내경의 접촉 구조로 되어 있기 때문에 Crank Shaft 축부 마모량이 늘어나도록 하는 인자가 곧 가속인자가 됨을 알 수 있다.

일반적으로 컴프레서(Compressor)의 마모 진행 상태는 <그림 1>과 같이 3 단계로 진행된다. 1단계인 초기마모 단계는 약 하루 이상에서 늦어도 일주일 정도에서 진행되며, 이때는 성능 향상이 된다. 2단계인 안정기 단계는 오일, 냉매 등의 화학적 기능 저하가 진행된다. 3단계인 마모 진행 단계는 효율, 실행력 저하, 소음진동 동반, 심각한 열화 마모가 진행된다.



<그림 1> 컴프레서(Compressor) 마모 특성

컴프레서의 가속시험은 현재 90일간 총25대의 시료를 가지고 시험을 진행하고 있다. 25대 시료에 의한 보증 MTBF(Mean Time Between Failures)를 산출해 보면 아래와 같이 10년을 보증하고 있다.

보증 MTBF = 시료수 * 시험시간 / 보정계수 = 25 * 87 / 0.6 = 3625 (약 10년) 단, 보정계수는 고장수가 0 일 때, 포아송 불량상수로 약 0.6 (유의수준 $\alpha=10\%$)을 사용하였다.

일반적으로 컴프레서의 신뢰성 측면에서 가장 취약한 저널 베어링(Journal Bearing)부인 Crank Shaft부의 마모량을 계측, 평가함으로써 컴프레서의 수명을 예측할 수 있다. 마모량

(Wear)은 계량형 데이터로 Crank Shaft부의 7 Point를 지정하여 시작점과 끝점을 지정 후 조도기로 측정하여 시작점과 끝점의 평균값을 산출하고 이 두 점을 연결하여 기준선을 찾게 된다. 기준선에서 마모부 사이의 면적을 계산하고, 이 면적의 평균을 마모량(Wear)으로 평가한다. 가속시험법 설계를 위해 예비인자를 도출하고 이를 기반으로 예비시험을 실시하며 여기서 가속인자를 결정한다. 가속인자가 결정되면 이 인자의 수준이 정해져야 하며 각 수준에서의 가속성을 검증하여 최종 확정된다 LG전자 품질센터 신뢰성팀(1998), LG전자 품질센터 신뢰성팀(2000), 이기화와 윤원영(2009).

2.1. 예비인자 도출

컴프레서(Compressor)에서의 가속 가능한 예비인자로는 운전압력(Pressure), 운전온도(Temperature), 운전횟수(Cycle), 운전시간(On-Time), 정지시간(Off-Time), 모터 토크(Motor Torque), Oil 점도(Viscosity), 급유량(Refueling) 등을 도출할 수 있으며, 예비 인자 중 변경 가능성, 취급 편리성을 고려하고 현재의 시험 여건을 감안한 시험 가능한 인자를 도출 하였다. 세부적인 내용은 <표 1>을 참조하기 바란다.

<표 1> 예비인자 도출 및 선정

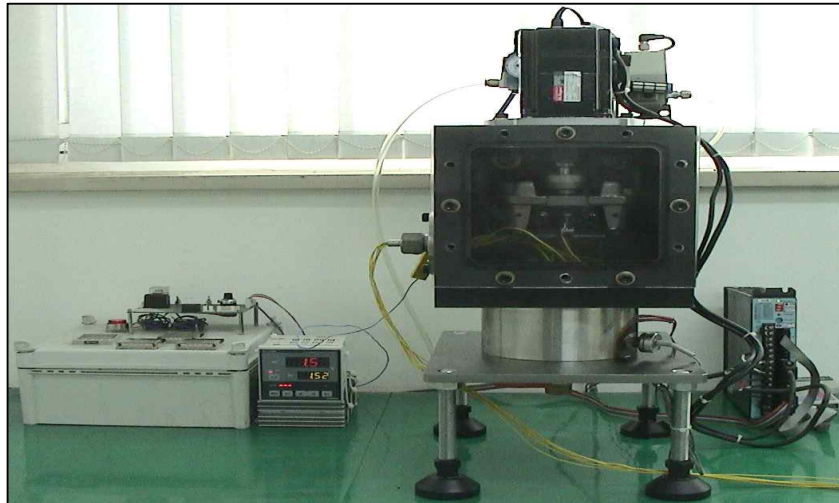
예비인자	변경가능성	취급 편리성	선정여부	
			변경	취급
운전압력(Pressure)	Variable	Easy	●	●
운전온도(Temperature)	Variable	Difficult	●	X
운전횟수(Cycle)	Variable	Easy	●	●
운전시간(On-Time)	Variable	Easy	●	●
정지시간(Off-Time)	Variable	Easy	●	●
모터 토크(Torque)	Constant	Difficult	X	X
Oil 점도(Viscosity)	Constant	Difficult	X	X
급유량(Refueling)	Constant	Difficult	X	X

<표 1>를 보면 운전압력(Pressure)과 운전횟수(Cycle), 운전시간(On-Time)과 정지시간(Off-Time)은 가속 수준 변경이 용이하고, 취급이 쉽기 때문에 본 연구에서는 운전압력(Pressure)과 운전횟수(Cycle), 운전시간(On-Time), 정지시간(Off-Time)을 시험인자로 선정 하였다. 특히, 운전압력(Pressure)과 운전횟수(Cycle), 운전시간(On-Time), 정지시간(Off-Time)은 벤치 테스트(Bench Test)장치를 이용하여 쉽고 빠른 시간 내에 경제적으로 시험이 가능하다는 장점도 있다. 예비 시험인자로 선정된 인자로 가속 가능 여부를 벤치 테스트(Bench Test)장치를 통해 확인한다 <그림 2> 참고. 시험은 컴프레서의 열화 특성항목인 마모량(Wear)을 조사한다.

2.2. 예비시험 및 가속인자 결정

운전압력(Pressure)에 대한 예비시험: 운전압력(Pressure)을 가속 인자로 하여 컴프레서의 열화 마모 특성을 확인하는 예비시험을 실시하였다. 가속하고자 하는 영역에서 운전압력이 증가하면 마모량(Wear)도 증가하는 양의 상관관계를 가지며, 운전압력이 가속인자로서의 가능성이 있음을 확인하였다. 마모량(Wear)과 운전압력(Pressure)과의 사이에는 결정계수 R_2 값이 0.993(99.3%)으로 마모량은 운전압력에 의해 잘 설명이 되고 있음을 알 수 있으며, 운전압력을 증가시켜 마모량을 더 열악한 조건으로 가속할 수 있음을 확인하였다.

운전횟수(Cycle)에 대한 예비시험: 운전횟수를 가속 인자로 하여 컴프레서의 열화 마모 특성을 확인하는 예비시험을 실시하였다. 가속하고자 하는 영역에서 운전횟수(Cycle)가 증가하면 마모량(Wear)도 증가하는 양의 상관관계를 가지며, 운전횟수가 가속인자로서의 가능성이 있음을 확인하였다. 마모량(Wear)과 운전횟수(Cycle)와의 사이에는 결정계수 R_2 값이 0.937(93.7%)로 마모량은 운전횟수에 의해 잘 설명되고 있음을 알 수 있으며, 운전횟수를 증가시켜 마모량을 더 열악한 조건으로 가속할 수 있음을 확인하였다.



<그림 2> 벤치테스트(Bench Test) 장치

운전시간(On-Time)에 대한 예비시험: 운전시간은 운전시간(On-Time)과 정지시간(Off-Time)으로 분리하여 가속 인자로 하여 컴프레서의 열화 마모 특성을 확인하는 예비시험을 실시하였다. 가속하고자 하는 영역에서 운전시간(On-Time)이 증가하면 마모량(Wear)이 감소하는 양의 상관관계를 가지며, 운전시간이 가속인자로서의 가능성이 있음을 확인하였다. 결정계수 R_2 값이 0.983(98.3%)으로 마모량은 운전시간(On-Time)에 의해 잘 설명되고 있음을 알 수 있으며, 운전시간을 감소시켜 마모량을 더 열악한 조건으로 가속할 수 있음을 확인하였다.

정지시간(Off-Time)에 대한 예비시험: 정지시간(Off-Time)을 가속 인자로 하여 컴프레서의 열화 마모 특성을 확인하는 예비시험을 실시하였다. 가속 하고자 하는 영역에서 정지시간이 증가하면 마모량(Wear)이 감소하는 음의 상관관계를 가지며, 정지시간이 가속인자로서의 가능성이 있음을 확인하였다. 결정계수 R_2 값이 0.99.1(99.1%)로 마모량은 정지시간에 의해 잘 설명되고 있음을 알 수 있으며, 정지시간을 감소시켜 마모량을 더 열악한 조건으로 가속할 수 있음을 확인하였다.

위와 같이 예비시험을 통하여 가속 가능한 가속인자는 운전압력(Pressure), 운전횟수(Cycle), 운전시간(On-Time), 정지시간(Off-Time)으로 분석되며, 운전압력과 운전시간, 정지시간, 운전횟수를 변경하면 가속을 통한 시험기간단축이 가능할 것으로 분석되었다.

2.3. 가속수준 결정

여러 기업의 운전압력(Pressure), 운전횟수, 운전시간(On-Time), 정지시간(Off-Time), 시험기간을 비교한 결과를 참고하여서 다음과 같은 인자들의 수준에서 시험을 계획하였다.

인자별 수준

- 1) 운전압력(Pressure) : 12 ~ 28 (***/cm²)
- 2) 운전시간(On-Time) : 5 ~ 15 (**)
- 3) 정지시간(Off-Time) : 5 ~ 15 (**)
- 4) 운전횟수(Cycle) 횟수 : 125,000 ~ 500,00 (회)

3. 가속시험 설계 및 분석

3.1. 벤치 테스트(Bench Test) 시험 및 마모 모형 예측

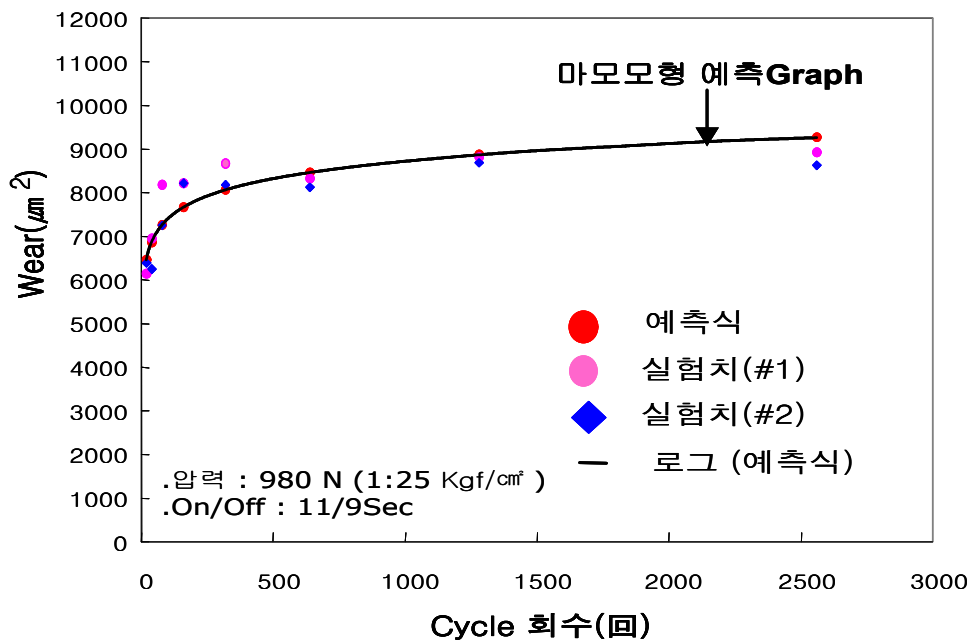
결정된 가속인자와 수준으로 벤치 테스트(Bench Test)장치를 통하여 가속인자와 수준을 검증하고, 마모모형을 도출하여 컴프레서(Compressor) 실기 상태의 마모량(Wear)을 예측할 수 있으므로 빠른 시간 내에 가속시험법 설계가 가능하다. <표 2>과 같이 가속시험을 설계하였다. 마모량(Wear) 평가는 운전횟수(Cycle)를 누적 20회에서 2560회까지 수집하였다. 컴프레서의 가속 인자 중 가속시험 기간 단축에 직접적인 영향을 주는 인자는 운전압력(Pressure), 운전횟수(Cycle), 운전시간(On-Time), 정지시간(Off-Time)임을 알 수 있었다. 시험결과로부터 Crank Shaft 축부 마모모형을 도출하였다. 도출된 마모모형을 이용하여 마모예측 Graph 분석을 실시하여 실기 실험치와 일치되는지를 확인한 결과 벤치 테스트(Bench Test) 결과와 실험치가 일치되는 것으로 파악이 되었다. 벤치 테스트(Bench Test) 시험 결과로 도출된 마모 모형을 사용하여 인자별 열화 경향을 마모량(Wear)과의 관련성을

분석한 결과 운전횟수(Cycle), 운전압력(Pressure)과 정지시간(Off-Time)이 주요 가속인자로 도출이 되었다.

<표 2> 벤치 테스트(Bench Test) 가속시험 설계

가속인자	가속수준
On Time(Sec)	5, 10, 15
Off Time(Sec)	5, 10, 15
하중 (N)	400, 800, 1200
** Cycle횟수	20~2560 누적 집계

Bench Test	시험조건
회전속도 (rpm)	3000
Oil Freol	α 15g @ 60℃
하중 (N)	400, 800, 1200
Bearing Surface Temp	80℃



<그림 3> 마모량 예측 그래프

3.2. 실기가속시험설계

벤치 테스트(Bench Test) 시험 결과를 바탕으로 실기 가속시험 설계를 실시하여 컴프레서 단품 실기 시험을 진행한다. <표 3>과 같이 동일 마모면적 기준을 설정하고, 운전횟수(Cycle)를 최소화할 수 있는 조건은 가속조건1과 가속조건4가 있다.

운전시간(On-Time)을 15 초 이상 증가시키면 기본적으로 시험 기간이 증가되고, 과부하 문제로 시간을 늘리는 것은 불가능하다. 가속조건1은 정지시간(Off-Time)을 10 초로 하여 운전횟수(Cycle)를 가장 최소화할 수 있으나 이 조건은 정상 가동을 위한 압력 도달에 문제가 있어 가속조건 4를 가지고, 컴프레서(Compressor) 단품 실기 가속시험을 설계하여 시험을 실시하였다.

본 실기 가속 시험설계는 운전시간(On-Time),정지시간(Off-Time)은 압상승 속도와 Balance 압력을 고려하여 각각 12 초와 15 초로 선정하였고, 운전압력(Pressure)은 앞에서 살펴본 바와 같이 가속시험 시간을 단축하여 운영하고 있는 타사의 시험조건을 벤치마크(Benchmark)하여 설계하였다. 운전횟수(Cycle)는 현 가속수준은 120 ~ 500,000회까지 7단계로 나누어 시료수 30대로 하여 시험을 하였으며, 신 가속수준은 120 ~ 250,000회까지 7단계로 나누어 시료수 30대로 시험을 하였다.

<표 3> 가속 조건 선정

가속 인자	現시험 조건	가속 조건1	가속 조건2	가속 조건3	가속 조건4
운전시간(Sec)	20	20	20	15	12
정지시간(Sec)	20	10	15	15	15
Pressure(Kgf/cm ²)	12	23	25	20	20
Cycle _{part} (回) *동일 마모면적기준 : 5,780[μm^2]	2,560	46	1,010	660	310

운전횟수(Cycle)의 수준은 시험결과로 가속시험 시 확인 주기가 1개월, 2개월, 3개월로 하여 마모의 안정성을 확인하므로 50,000회, 125,000회, 250,000회로 결정하였다.

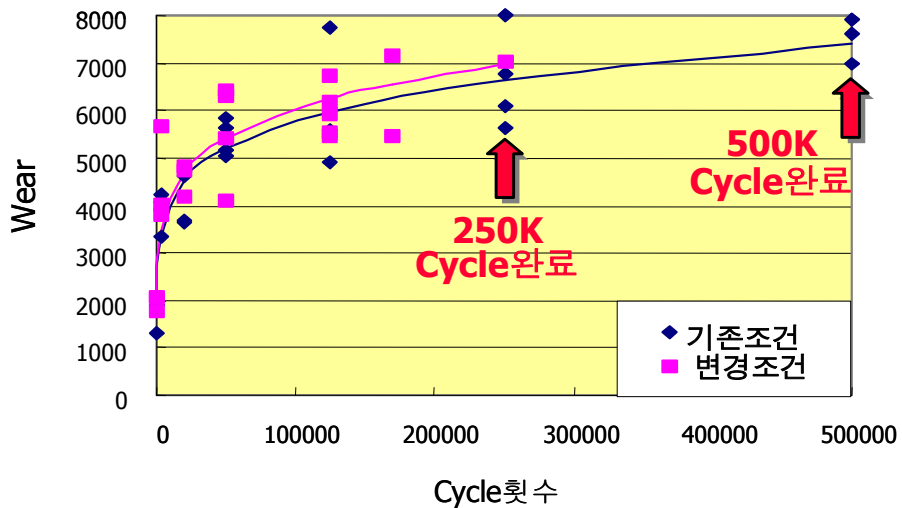
3.3. 단품가속시험결과 분석

가속 인자별 시험을 실시하고, 그 결과를 기존 가속조건과 변경 가속조건에서의 마모모형을 예측하여 가속시험을 최소화할 수 있는 최적의 가속시험 조건을 도출하고자 한다 <표 4> 참조.

<표 4> 실기 가속 시험 설계

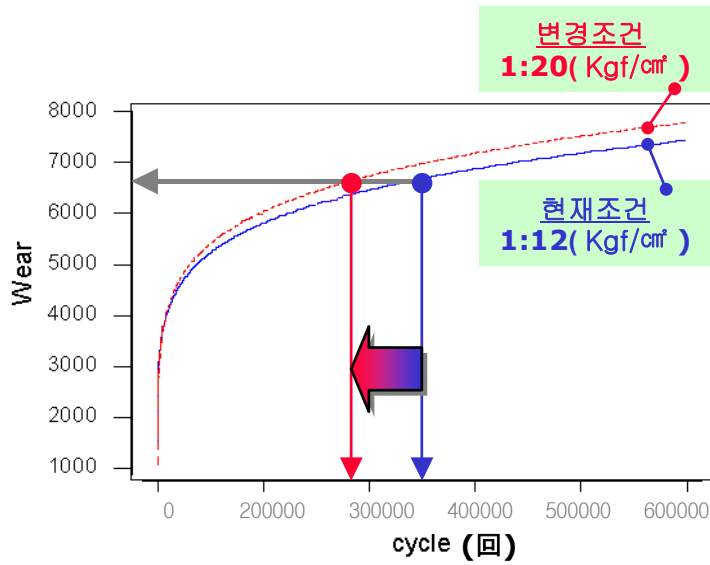
가속인자	현 가속수준	신 가속수준
운전시간(Sec)	15	15
정지시간(Sec)	15	15
운전압력(Kgf/cm ²)	23	28
운전횟수(회)	120,2880,20000 50000,125000 250000,500000	120,2880,20000 50000,125000 170000,250000
시험 수	26대 / 7단계	26대 / 7단계

<그림 4>와 같이 운전압력(Pressure)이 20kgf/cm²인 변경 가속조건에서의 운전횟수(Cycle) 250,000회와 기존 가속조건인 운전횟수(Cycle) 500,000회의 마모량(Wear) 수준이 거의 유사하게 나타남을 알 수 있다.



<그림 4> 기존시험과 변경시험조건 비교

<그림 5>과 같이 실험결과 변경 시험조건에서 마모가 빠르게 진행되는 것을 알 수가 있으며, 기존 시험조건(운전압력, 12kgf/cm²) 350,000회에서의 마모량(Wear)이 변경 시험조건(운전압력, 20kgf/cm²) 280,000회에서 마모량(Wear)과 같게 나타난다. 즉, 운전압력(Pressure)을 높이면 운전횟수를 줄일 수 있으므로 가속시험 단축이 가능하다.



<그림 5> 기존시험과 변경시험조건 의 적합

기존 시험조건에서의 실험 Data를 Fitting하여 마모모형을 구하였고 변경 시험조건에서의 실험 Data를 Fitting하여 마모모형을 구하였다. <표 5>와 같이 실기 가속시험결과 압력을 12kgf/cm²에서 20kgf/cm²로 변경하여 Rapid 운전횟수(Cycle)를 350,000회에서 280,000회로 단축할 수 있다. 이때 가속계수는 1.38로 나타나며, 시험시간은 기존 87일에서 62.5일 단축할 수 있었다.

<표 5> 변경조건에서 가속계수

마모량(μm ²)	현재조건 (1/12)	변경조건 (1/20)	가속계수 (AF)	Time (Days)
	운전횟수	운전횟수		
6631.98	350,000	280,000	1.25	62.5
6743.16	370,000	300,000	1.23	69.4
6984.83	440,000	350,000	1.26	83.3

3.4. 단품가속시험결과 검증

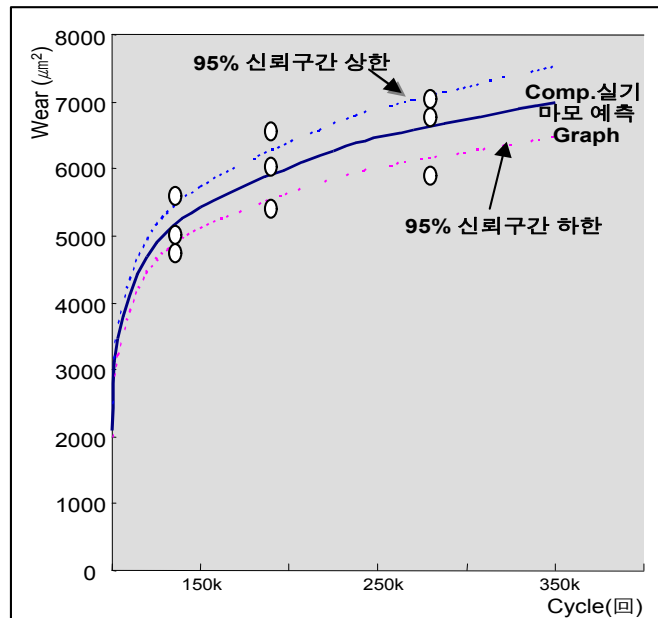
1차 가속시험 결과를 검증하기 위하여 현 가속수준과 신 가속수준을 분리하여 2차 가속시험을 실시한다. 가속시험 조건은 운전시간(On-Time)은 20sec와 12sec, 정지시간(Off-Time)은

20sec와 15sec로 선정하였으며, 운전압력(Pressure)은 12kgf/cm²와 20kgf/cm²로 선정하였다. 운전횟수(Cycle)는 현 가속수준은 150,000 ~ 350,000회까지 3단계로 나누어 시료수 10대로 하여 시험을 하였으며, 신 가속수준은 136,000 ~ 280,000회까지 3단계로 나누어 시료수 20대로 하여 시험을 하였다.

<표 6> 2차 실기 가속 시험 설계

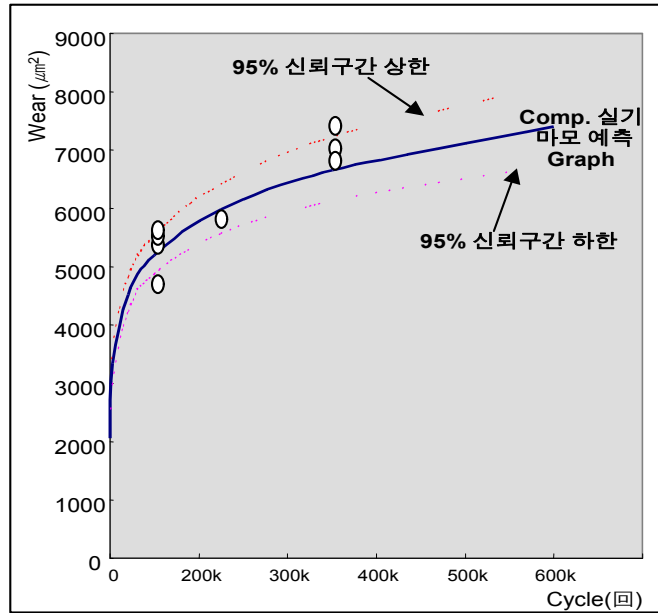
가속인자	현 가속수준	신 가속수준
운전시간(Sec)	20	12
정지시간(Sec)	20	15
운전압력(Kgf / cm ²)	12	20
운전 횟수(회)	150000,225000 350000	136000,190000 280000
시험 수	10EA / 3단계	11EA / 3단계

<그림 7>과 같이 기존시험 조건 검증 결과 마모량(Wear)은 95% 신뢰구간 내에 근사적으로 적합함을 알 수 있다.



<그림 7> 실기 마모 예측 구간 추정(기존조건)

<그림 8>와 같이 변경시험 조건 검증 결과 마모량(Wear)은 95% 신뢰구간 내에 근사적으로 적합하므로 운전횟수(Cycle)를 280,000회로 변경하여 가속 시험 기간을 단축할 수 있음을 검증하였다.



<그림 8> 실기 마모 예측 구간 추정(변경조건)

3.5. 가속시험법 결정

결론적으로 컴프레서(Compressor)의 가속 인자 중 가속시험시간 단축에 직접적인 영향을 주는 인자는 운전압력(Pressure), 운전횟수(Cycle), 운전시간(On-Time), 정지시간(Off-Time)임을 알 수 있었고, 운전시간과 정지시간은 시간을 단축하면 기본적으로 시험시간은 단축이 되지만 정상 기동을 위한 압력 도달에 문제가 있어 기존 조건을 유지하였으며, 시험시간에 가장 영향을 많이 주는 운전압력 조건을 변경하였다.

2차에 걸쳐 실시한 가속시험 결과를 바탕으로 운전압력(Pressure)을 12kgf/cm²에서 20kgf/cm², 운전시간(On-Time)을 20 초에서 12 초, 정지시간(Off-Time)을 20 초에서 15 초로 변경하여 운전횟수(Cycle)를 350,000회에서 280,000회로 단축함으로써 시험시간은 기존 87일에서 63일로 단축할 수 있다.

수명 보증은 기존 가속시험 조건에서 10년을 보증하였다. 본 연구에서도 가속시험시간을 단축하여도 동일하게 10년을 보증할 수 있도록 신 가속시험법을 제시하였다. MTBF(Mean Time Between Failures) 3,625days(약10년) 보증을 위해서는 25대의 시료수로 63일 시험하는 동안 고장이 0이면, 유의수준 10%에서 MTBF를 약 10년간 보증할 수 있다.

$$\text{시험시간} = \text{보증MTBF} * \text{보증계수} / (\text{시료수} * \text{가속계수}) = 3625 * 0.6 / (25 * 1.38) = 63\text{일}$$

단, 보정계수는 고장수가 0 일 때, 포아송 불량상수로 약 0.6 (유의수준 $\alpha=10\%$)을 사용하였으며, 가속계수는 1.38을 사용하였다. 지금까지의 시험을 통한 결과로서 추천되는 신규 가속 시험법을 요약하면 다음과 같다.

가속인자	가속 수준	
	현재조건	변경조건
운전압력	12Kgf/cm ²	20Kgf/cm²
운전횟수	350,000회	280,000회
운전시간	20sec	12sec
정지시간	20sec	15sec
운전전원	정격전압±15%	정격전압±15%
표면온도	95℃ 이하	95℃ 이하
시험기간	87일	63일

<표 7> 신 가속 열화 시험 설계

* 본 논문에 적용된 신뢰성 조건은 다소간의 Data를 조정하여 기재했음을 밝혀 둡니다.

4. 결 론

컴프레서(Compressor)의 수명시험 기간이 컴프레서의 전체 개발기간에 있어 차지하는 비중이 높은 만큼 새로운 가속시험의 개발은 매우 중요한 일이다. 더욱이 고객의 요구사항에 맞는 새로운 제품의 출시 시기가 기업의 경영 성과를 좌우하는 현실에서 보다 빠르게 품질확보를 이룬다면 그만큼 앞서 갈 수 있는 기회를 잡는 것이다. 본 논문에서는 컴프레서의 가속 시험 기간을 단축시키기 위해 가속 시험법을 설계하고 분석하는 과정을 구체적으로 제시하였다. 컴프레서의 가속 시험법의 설계, 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 1) 컴프레서의 가속 인자 중 가속시험 기간 단축에 직접적인 영향을 주는 인자는 운전압력(Pressure), 운전횟수(Cycle), 운전시간(On-Time), 정지시간(Off-Time)임을 알 수 있었다. 2) 가속인자와 수준을 여러 기업 시험 조건을 분석하여 가속시험 설계를 통하여 적절한 가속 수준을 찾아내고, 가속성의 성립여부를 확인해 봄으로 보다 체계적으로 가속시험법을 정립할 수 있는 계기가 되었으며 향후 개발되는 타 모델의 가속시험 설계와 에어컨 컴프레서(Air-Conditioning Compressor) 가속시험 설계에도 본 연구결과가 적용가능할 것으로 판단한다. 3) 실기 가속시험에 앞서 벤치 테스트(Bench Test) 시험법을 개발함으로써 예비시험을 통하여 가속인자 검증과 수준 선정에 있어서 빠른 시간 내에 효율적으로 개선 할 수가 있었다. 4) 가속 시험법을 적용함에 있어 본 사례를 통해 는 모델 개발 처음부터 가속 시험의 적용이라는 목표를 갖고 내용 공유와 의견 반영 등을 충분히 하면 현장에 바로 적용할 수 있을 것이며 가속시험을 통해 개발일정의 단축 및 개발품질을 사전에 확보할 수 있게 될 것이다.

참고문헌

- [1] 배도선, 전영록(1999), 신뢰성 분석 (대우학술 총서 논저 449), 아르케.
- [2] 박성현(1992), "회귀분석", 민영사
- [3] LG전자 품질센터 신뢰성팀(1998), "신뢰성 기술 세미나 보고서-가속모형과 그 응용", LG 전자.
- [4] LG전자 품질센터 신뢰성팀(2000), "신뢰성 기술 세미나 보고서-가속시험 개발 동향과 그 응용", LG 전자.
- [5] 이기화, 윤원영(2009), 청소기모터의 가속수명시험설계 신뢰성응용연구.
- [6] 이낙영(1995), "Optimum Design of Accelerated Degradation Tests for Lognormal Distribution," 품질경영학회지, 23권 1호, pp.29-40.
- [7] 정해성, 박동호, 김재주(2000), "신뢰성 분석과 응용", 영지문화사.
- [8] 천성일, 송병석, 이관훈(1999), "후막칩 저항기의 가속수명시험", 대한설비관리학회지, 4권 3호, pp.93-101.
- [9] 최규명, 이낙영(1996), "Optimum Design of Accelerated Degradation Tests for Weibull Distribution," 품질경영학회지, 24권 3호, pp.37-49
- [10] MIL-HDBK-338-B(1998), Electronic Reliability Design Handbook, Department of Defence.
- [11] Lu, C.J. and Meeker, W.Q.(1993)., "Using Degradation Measures to Estimate a Time-to-Failure Distribution," Technometrics, Vol. 35, No. 2, pp.161-174.
- [12] Lu, C.J., Meeker, W.Q. and Escobar, L.A.(1996)., "A Comparison of Degradation and Failure-Time Analysis Methods of Estimating a Time-to-Failure Distribution," Statistical Sinica, Vol. 6, No. 2, pp.89-99.
- [13] Nelson, W.(1990), Accelerated Testing : Statistical Models, Test Plans, and Data Analyses, John Wiley & Sons.