

자동차 전조등용 필라멘트 전구 국내외 신뢰성 비교 평가

이영주 * · 김진선

한국조명기술연구소

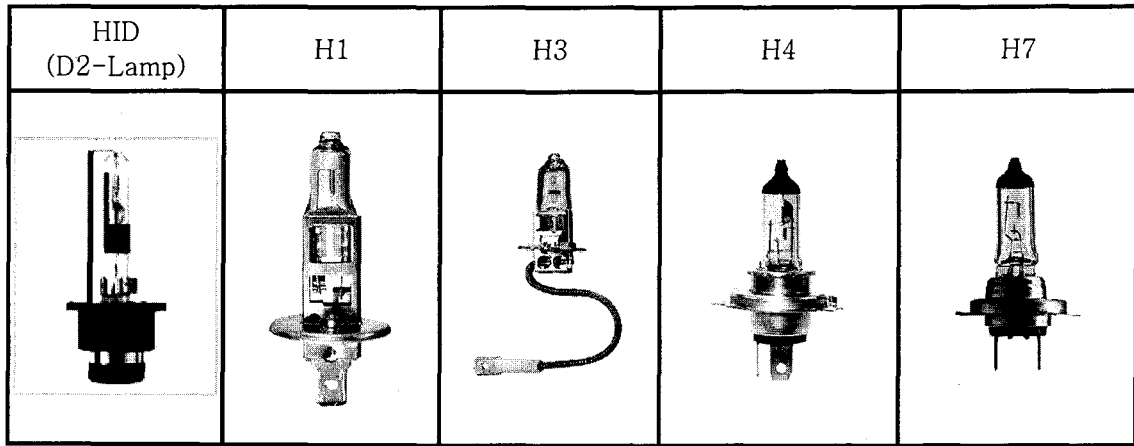
Abstract

자동차용 필라멘트 전구는 모든 차량의 전조등, 안개등, 후진등에 사용 되며, 특히 H1, H3, H4 제품은 가장 대중적이고 차량의 적용율이 높은 제품으로 적은 체적에서 높은 광속 효과를 얻을 수 있어 차량용 조명등에 적용되고 있다. 본 글에서는 안정성 및 신뢰성이 확보되지 않은 국내 자동차용 전구 및 저가의 중국산 제품에 대해 품질이 우수한 선진제품과의 신뢰성 수명 비교 평가를 통하여 현재 국산제품의 신뢰수준을 확인하고 평가결과를 제조업체에 Feed Back 하여 자동차용 필라멘트 전구의 신뢰성향상에 기여하고자 한다.

1. 서 론

우리나라의 경우 자동차는 1903년에 처음 소개된 후, 1962년 조립공장을 만들면서부터 널리 이용되기 시작하였다. 지난해 말 자동차 등록대수는 이륜차를 포함하여 총 1,566만대 규모다. 운전면허 소지자도 2,122만 명으로 하드웨어상으로는 선진국이라 할 수 있다. 또한 운송수단에만 그치던 예전 자동차의 기능에서 좀 더 편안하고, 쾌적한 운전환경을 요구하는 소비자들이 증가하면서 이에 대한 연구·개발이 활발히 진행 되고 있다. 특히 현대인의 야간 활동이 늘어나고, 야간 운전의 교통사고가 증가하면서 자동차용 필라멘트 램프의 중요도가 한층 더 고조되고 있어 이에 대한 신뢰성 확보가 시급하다.

또한 차량의 증가와 소비자 기호 변화에 따르는 신제품 개발요구 되면서 새로운 Model과 효율성을 높인 제품의 개발로 수요가 더욱 증가하고 있으며, 세계적인 자동차용 필라멘트 램프 제조업체인 PHILIPS, OSRAM, GE에서 OEM 시장의 대부분을 장악하고 있으며, 국내의 현대, 기아자동차에도 상기 업체가 H7 LAMP의 100%를 공급하고 있어 국산제품의 신뢰수준 향상이 시급하다.



<그림 1> 자동차용 필라멘트 램프 및 HID 램프

현재 조명기술연구소는 관련 분야의 기술위원회를 구성하여 자동차용 필라멘트 램프의 신뢰성 평가기준을 제정하였으며, 본 평가에서는 국내·외 자동차용 필라멘트 램프의 초기 광특성, 전기적 특성 등의 성능시험과 수명시험 등의 신뢰성 시험을 실시하여, 신뢰성 소프트웨어를 통한 분석을 하였다.

2. 신뢰성 평가 항목 및 기준

<표 1> 성능평가지험 기준

구분	시험항목	시료구성		평가기준
		그룹No	시료수	
자동차용 필라멘트전구	초광속	A	5	RS C 0061 기준값 이상일 것.
	배광특성	A	5	RS C 0061 기준에 만족할 것.
	전구의 색도	A	5	RS C 0061 기준에 만족할 것.
	디플렉션 시험	A	5	0.13mm이하일 것.
	에어타이트 셸 시험	A	5	기포가 생기지 않을 것.
	내온도성	A	5	렌즈의 연화등 사용상 해로운 결점이 없을 것.
	절연성	A	5	0.5MΩ이상일 것.
	내식성	A	5	RS C 0061 기준에 만족할 것.
	구조 및 치수	A	5	RS C 0061 기준에 만족할 것.

<표 2> 신뢰성평가지험 기준

구분	시험항목		시료구성		평가기준
			그룹No	시료수	
자동차용 필라멘트전구	수명 시험	수 명	B	30	RS C 0061 기준에 만족할 것.
		광속유지율	B	30	85% 이상일 것.
		내진동성	B	5	RS C 0061 기준에 만족할 것.
	내 충격성		C	5	렌즈의 회전, 탈락 등 결점이 없을 것.

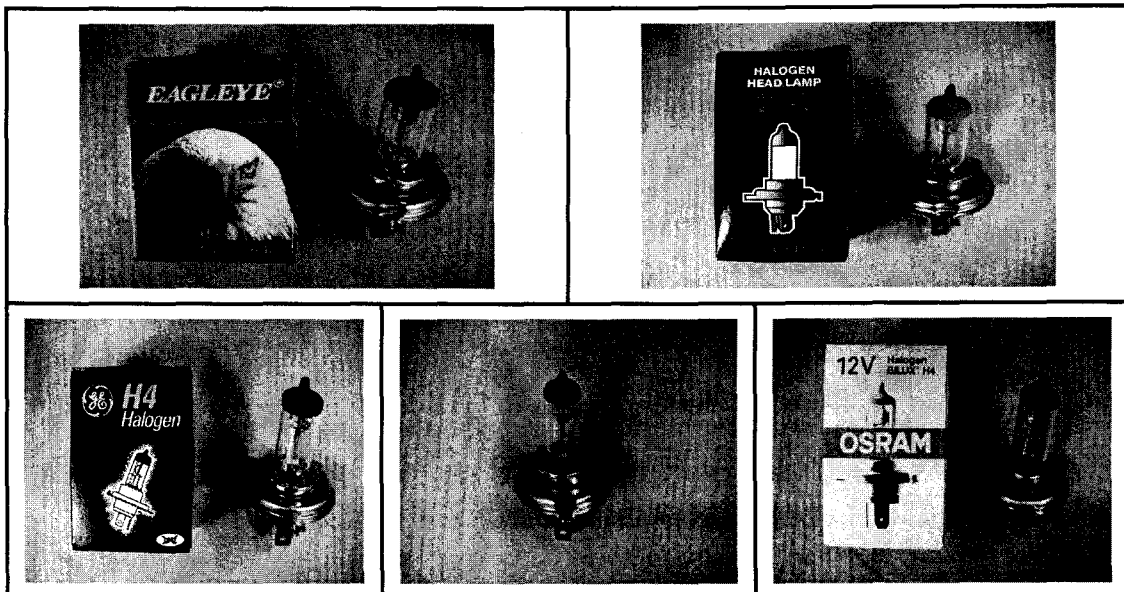
3. 신뢰성시험 및 평가

3.1 평가 제품 및 평가 장비

자동차용 전조등에 사용되는 필라멘트램프는 차종 및 Socket의 형태에 따라 H1, H3, H4, H7 등으로 구분되며, 고급차종일수록 소형할로겐 램프가 적용 최근에는 방전등의 원리를 이용한 자동차램프 D2-Lamp가 개발되었으며, 일부차종에 적용되고 있다.

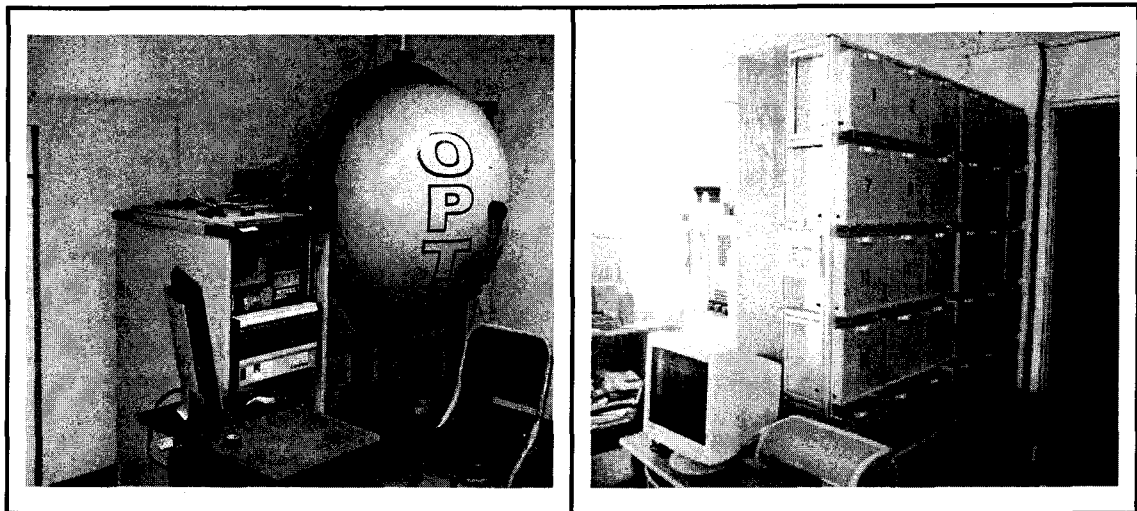
작동원리는 Filament 열방사를 통한 빛 에너지의 이용방식으로 타광원에 비해 연색성과 광속유지율이 높은 장점을 가지고 있으며, 차량용에서의 점등 방식은 Battery → Harness Connection(Socket) → Bulb 점등으로 구성되었다.

대부분 Argon을 Base Gas로 사용하고 있으나 수명개선을 위해 Kryton 과Zenon Gas를 일부 적용하고 있으며, Br 계열의 할로겐 물질을 봉입하여 제조하고 있다.



<그림 2> 자동차용 필라멘트 램프(H4)

현재 일반 소형 차량의 전조등에 사용되고 있는 H4의 신뢰성 비교평가를 위해 <그림 3>의 광속구 System을 이용한 광특성 및 전기특성 측정과 수명 챔버를 이용한 수명시험을 진행하였다.



<그림 3> 광속구 System 및 수명챔버

3.2 초광속 시험

초광속 시험은 해당 전구를 13.2 V의 시험전압의 120 %의 전압으로 약 5분간 에이징 하여 특성이 거의 일정하게 된 후 시험하고 13.2 V 시험전압에서 초광속 을 측정하였을 때 기준 값(1000 lm) 이상 이어야 한다. 또한 전구의 베이스를 위쪽의 방향(다만, 양끝 베이스의 전구에 대하여는 전구축을 수평)으로 하여 측정한 결과 모두 만족하였다.

<표 3> 초광속 시험결과

시 료	초광속 (lm)					평가기준
	중국산	국산	선진제품 1	선진제품 2	선진제품 3	
1	1130	1220	1160	1090	1170	만족
2	1190	1230	1100	1150	1190	만족
3	1100	1220	1140	1130	1190	만족
4	1040	1160	1160	1090	1210	만족
5	1130	1200	1140	1100	1160	만족
평 균	1118	1206	1140	1112	1184	적 합

3.3 성능시험

자동차용 필라멘트 램프의 성능시험은 자동차용 전구 신뢰성 평가기준에 규정되어 있는 시험방법에 따라 수행하였다. 기본적인 시험으로 전구의 색도, 디플렉션 시험, 에어타이트 쉘 시험, 절연성, 내식성 시험을 실시하였다.

전구의 색도는 대상 제품 모두 평가기준안에 분포하여 초광속 시험과 함께 광특성은 적합한 것을 볼 수 있었다.

기계적인 강도 시험인 디플렉션 시험은 램프를 시험장치에 장착하여 별브에 18.0 ± 0.4 N의 힘을 90° 씩 돌려가면서 별브에 가했을 때 처음 장착 했을 때 기준과 0.08 mm 정도의 차이를 보여 기준값 0.13 mm의 범위안에서 만족하였고, 에어타이트 쉘 시험은 전구를 시험 장치에 장착하고 70 ± 1.0 KPa의 압력을 60초 동안 서서히 증가시키면서 가한 후 물속에 담구었을 때 기포가 생기지 않았다.

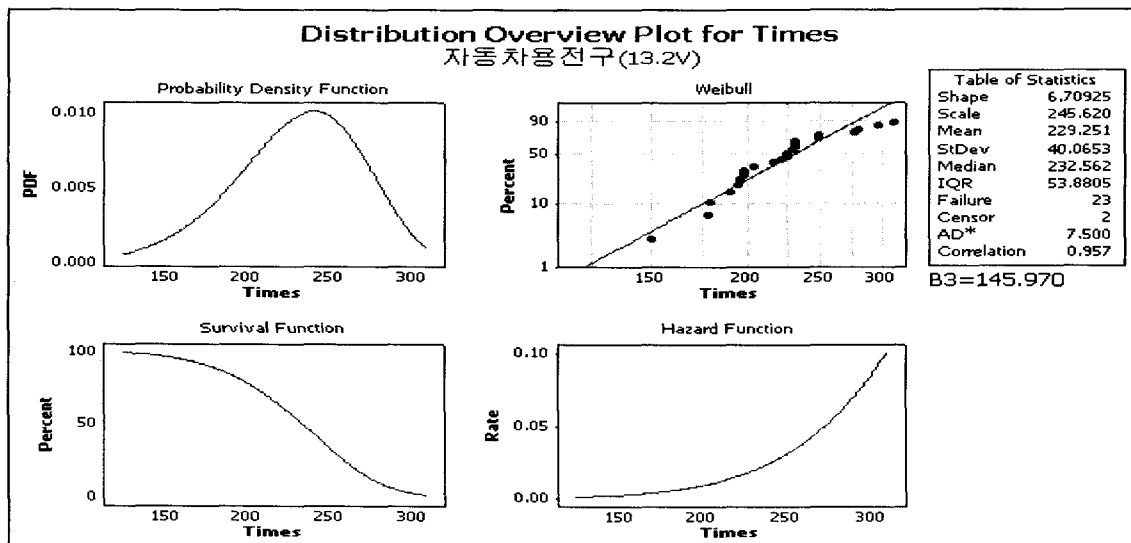
그 외의 성능 시험에서도 대상 제품 모두 신뢰성 평가 기준을 만족하는 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

3.4 수명시험

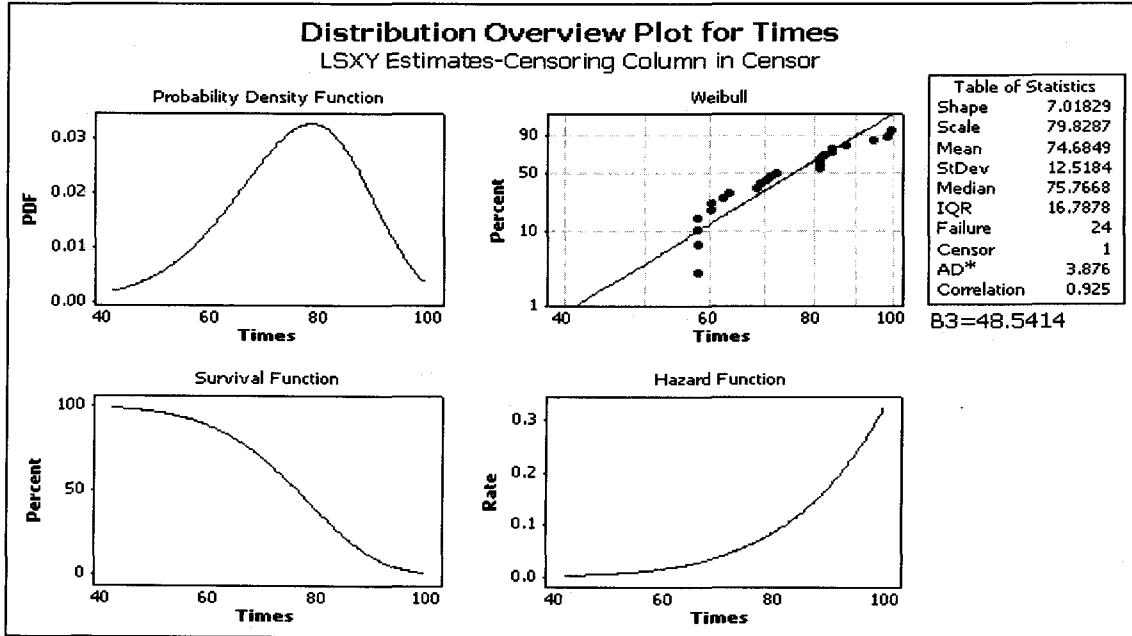
수명시험은 해당전구의 시료 30개를 전구축을 수평으로 한 방향으로 또한 진동 되지 않는 상태에서 제 1필라멘트(하향)로 시험하고, 15.2 V의 시험 전압으로 150 시간 동안 점등시켰을 때 필라멘트가 단선 되는 고장이 2개 이하여야 한다.

그러나 중국산은 이에 미치지 못하였고, 국산제품과 선진제품의 경우에는 기준을 만족하는 것을 볼 수 있었다. 본 평가에서는 국산제품과 선진제품의 수명시험을 연장하여 대상제품의 필라멘트가 20개 이상 단선 고장이 발생하는 시점까지 평가하였으며, 자동차용 필라멘트 램프의 신뢰도 평가는 조명제품에 주로 사용 되는 와이블(Weibull) 분포의 데이터 분석을 이용하였다.

정상조건(13.2 V)



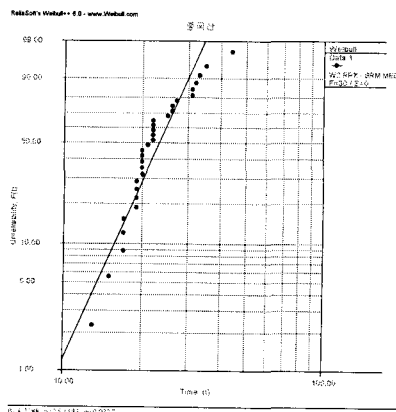
가속조건(15.2 V)



1차적인 수명평가지험을 통해 각각의 Parameter 값을 알 수 있었으며, 수명 분포를 분석한 결과 형상모수 $\beta=7.0$ 인 와이블 분포를 적용 했을 때 시험전압(13.2 V)에서 $B_3=146$ 시간, 시험 전압의 115 %(15.2 V)에서 $B_3=49$ 시간의 수명시간을 얻을 수 있었고, 이를 근거로 가속계수 (AF)가 3임을 확인할 수 있었다.

가속계수를 알고 각 램프의 수명분포에 대한 결과를 살펴보면 다음과 같다.

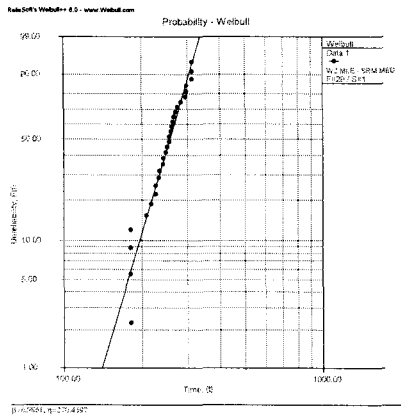
a) 중국산



- 인가전압 : 15.2 V
- 시료수 : 30 개
- 관측중단시험시간 : 44 시간
- 고장수 : 30 개

- 가속수명에 대한 B_3 수명을 산출해 보면 12시간이며, 가속계수가 A.F =3이므로 신뢰수준 90%에서 B_3 수명은 36 시간이다. 자동차용 전구의 보증수명은 신뢰수준 90 %에서 B_3 수명 350시간이므로 부적합하다.

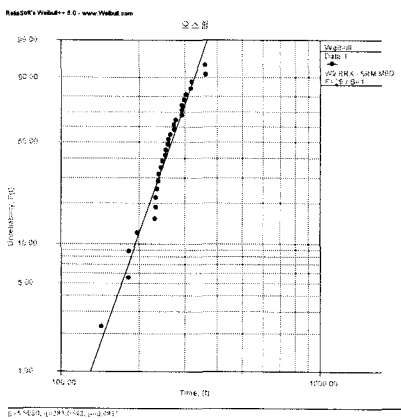
b) 국산제품



- 인가전압 : 15.2 V
- 시료수 : 30 개
- 관측중단시험시간 : 316 시간
- 고장수 : 30 개

- 가속수명에 대한 B₃수명을 산출해 보면 164시간이며, 가속계수가 A.F =3이므로 신뢰수준 90%에서 B₃ 수명은 492 시간이다. 자동차용 전구의 보증 수명은 신뢰수준 90 %에서 B₃ 수명 350시간이므로 적합하다.

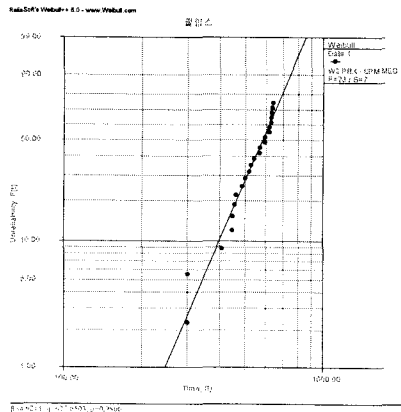
c) 선진제품 1



- 인가전압 : 15.2 V
- 시료수 : 30 개
- 관측중단시험시간 : 364 시간
- 고장수 : 29 개

- 가속수명에 대한 B₃수명을 산출해 보면 156 시간이며, 가속계수가 A.F =3 이므로 신뢰수준 90%에서 B₃ 수명은 468시간이다. 자동차용 전구의 보증수명은 신뢰수준 90 %에서 B₃ 수명 350시간이므로 적합하다.

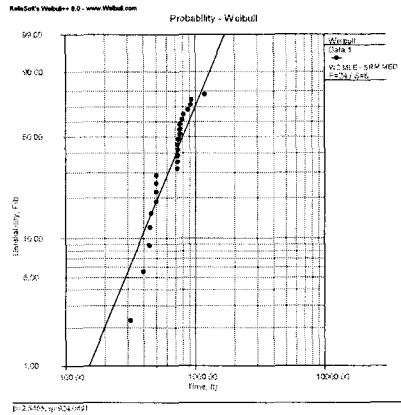
d) 선진제품 2



- 인가전압 : 15.2 V
- 시료수 : 30 개
- 관측중단시험시간 : 664 시간
- 고장수 : 23 개

- 가속수명에 대한 B₃수명을 산출해 보면 308시간이며, 가속계수가 A.F =3이므로 신뢰수준 90%에서 B₃ 수명은 924 시간이다. 자동차용 전구의 보증 수명은 신뢰수준 90 %에서 B₃ 수명 350시간이므로 적합하다.

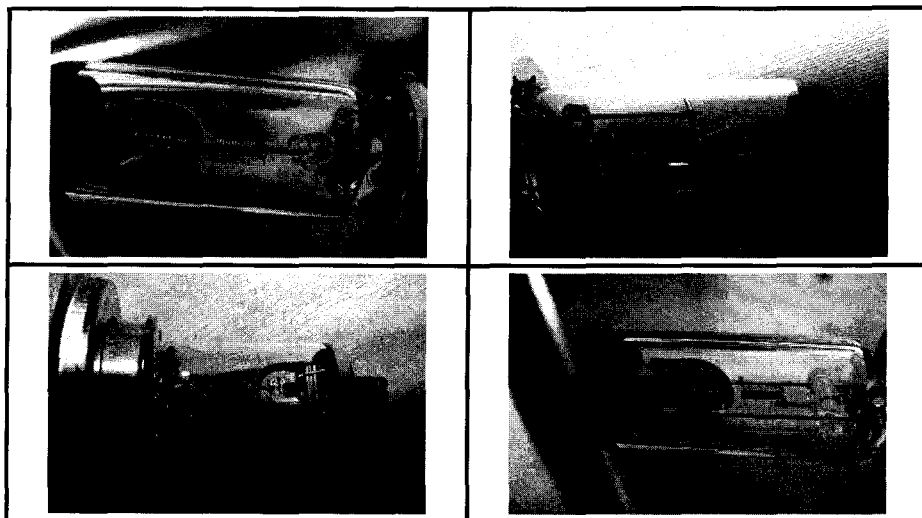
e) 선진제품 3



- 인가전압 : 15.2 V
- 시료수 : 30 개
- 관측중단시험시간 : 1181 시간
- 고장수 : 24 개
- 가속수명에 대한 B₃수명을 산출해 보면 234시간이며, 가속계수가 A.F =3이므로 신뢰수준 90%에서 B₃ 수명은 702 시간이다. 자동차용 전구의 보증 수명은 신뢰수준 90 %에서 B₃ 수명 350시간이므로 적합하다.

<표 4> 수명 시험 결과

구분	시료수/ 고장수	관측중단 시간 (h)	B ₃ 수명 (h)	평가기준 (신뢰수준 90 % B ₃ 수명350시간)
중국산	30/30	44	36	부적합
국산	30/30	316	492	적 합
선진제품 1	30/29	364	468	적 합
선진제품 2	30/23	664	924	적 합
선진제품 3	30/24	1181	702	적 합



<그림 4> 필라멘트 단선고장

4. 결 론

본 비교평가에서는 국산 자동차용 필라멘트램프에 대한 신뢰성 평가를 통하여 얻은 결론은 국산 제품의 수명이 중국산 보다는 우위에 있으나 선진제품에 비하여 상당한 차이를 볼 수 있었다. 또한 본 평가에서 수행한 자동차용 필라멘트 램프의 신뢰성은 B₃ 수명이 492시간이 예측되었으므로 신뢰수준 90 %에서 B₃ 수명 350시간을 보장할 수 있으나, 선진제품의 예측 수명과는 상당한 차이가 있어 선진 제품과의 경쟁력을 갖기 위해서는 램프의 신뢰성향상이 요구된다.

그러나 국내 자동차용 필라멘트램프 생산업체는 20여개에 불과하고, 국내 자동차 생산업체 대부분도 국내 제품의 품질저하를 우려 수입제품이나 합작회사 제품을 주로 사용하고 있으며, 중국과 동남아 등의 저가제품 수입 증가로 내수시장을 잠식당하고 있어 국내업체들 대부분은 영세성을 면치하고 있다.

대부분의 선진국의 제품인 경우 램프의 수명을 조절할 수 있는 기술을 보유하고 있으며, 일반용 및 장수명용으로 구분하고 있으며, 이러한 기술은 Filament 등의 원재료 분석과 가스 분석을 통한 제품의 신뢰도 향상의 개발 및 개선의 결과로 국내에서는 분석장비 조차 갖추지 못하고 있는 실정이다. 그리고 선진국에서는 자동차용 HID(D2 Lamp)의 개발 및 상용화로 필라멘트 램프 보다 100배 이상의 장수명과 높은 광속 효과를 내는 램프를 상용화 하고 있으며, 새로운 제품의 개발과 품질 향상에 많은 투자를 하고 있다.

그러므로 국내 차량용 조명등 제조업체들은 현재 국내에서 생산되고 있는 제품의 품질 수준 향상과 아울러 D2-Lamp, 적외선 반사막 Coating등의 고부가가치 상품과 H7과 같은 소형 램프를 생산하고, 관련 연구소 및 학계와 적극 연계하여 신뢰성이 높은 제품을 생산해야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] '99 기술수준평가 보고서(전기·전자분야) 중소기업청
- [2] 자동차용 전구(2005) KS C 7502
- [3] 자동차용 전구 신뢰성 평가기준(2004) 산업자원부 기술표준원 RS C 0061
- [4] ReliaSoft Weibull++ Version 6