# 자동차용 헤드램프의 플라스틱 소재 Haze 저감 방법에 관한 연구

이승욱[1] · 이춘규[†]
동원테크놀러지[1] · 공주대학교 금형설계공학과[†]

# A study on method for reducing haze defects of head lamp for automobiles

Seung-Wook Lee[1] · Chun-Kyu Lee[†]
Dongwon Technology Co.,Ltd.[1] · Kongju National University[†]
(Received December 18, 2021 / Revised December 29, 2021 / Accepted December 31, 2021)

**Abstract:** In this study, the cause of the decrease in transmittance of the outer lens among the causes of the decrease in the amount of light in the automobile headlamp was identified, and the improvement method was selected to determine the effect. The causes of defects that lower the transmittance of the outer lens are divided into a moisture problem and a haze problem. The moisture problem is caused by the temperature difference between the inside and the outside of the head lamp, and the haze problem occurs when the heat inside the head lamp evaporates the haze component contained in the plastic material and attaches it to the outer lens. In order to improve the haze problem that occurs in plastic raw materials, the structures of the bulb light source type headlamp and the LED chip light source type headlamp were analyzed. Among them, the housing material of the LED chip light source type headlamp, which is structurally prone to haze gas, was selected as the test target. In the mass-production injection process of the housing, the drying process was selected as a method to minimize haze gas without adding a separate production process. After extracting a sample every drying time at a constant drying temperature, the sample was put into a haze tester and the residual amount of haze gas was measured. As a result, it was confirmed that the residual amount of Haze gas in the material decreased as the drying time increased.

**Key Words:** Automobile parts, Drying machine, Haze, Head lamp, Plastic injection

## 1. 서 론

과거 자동차용 헤드램프는 야간 주행 시 반드시 필요한 보안(保安) 부품으로 부품의 작동여부 및 밝기가 매우 중요한 요소로 인식되었으나 현대에는 기본적인 기능뿐만 아니라 모양 및 기능에 의한 개성적인 이미지가 자동차 판매량의 가장 중요한 요소가 되고 있다.

Fig. 1의 헤드램프 사진처럼 과거 자동차용 헤드램프는 텅스텐 필라멘트 램프, 할로겐, HID와 같이 크기가 큰 단일 벌브(Bulb) 광원을 이용하여 상향등과 하향등이 디자인됨에 따라 1구, 2구 광원으로 인한 디자인에 한계가 있었다. 현재에는 Fig.2 처럼 크기가 작은 광원인 LED(Light-Emitting Diode) Chip[1)]을 이용함에 따라 기존의 1구, 2구 광원에서 벗어난 3구 수평, 수평 & 수직 혼합 배열 구조, 그리고 얇은 라인으로 구성된 디자인이 적용되어 자동차 디자이너의 자유로운 개성이 소비자에게 전달될 수 있게 되었다[2)]. 하지만, 헤드램프 디자인의 자유로움으로 인한 LED Chip 사용 수량 증대 및 주간 주행등 점등 의무화 법규[3)]로 인해 기존 벌브(Bulb)형 램프 구조보다 발열량이 증대 되었다.

헤드램프 내부에서 발생하는 높은 온도와 더불어 실차 상태에서의 급격한 온도 변화에 의해 아웃렌즈 내부 표면에는 헤드램프 내부 공기와 부품에서 발생한 습기성분[4,5)]과 헤이즈(Haze) 성분이 부착된다. 습기성분은 온도 평형 및 내부 온도가 가열되는 경우 헤드램프 내부 공기 중으로 사라지게 되지만 Haze 성분은 기름때 형태로 습기에 비해 발생량은

1. 동원테크놀러지
† 교신저자: 공주대학교 금형설계공학과
E-mail: ckt1230@kongju.ac.kr

적으나 시간이 경과하여도 사라지지 않고 그 층이 쌓여 아웃렌즈의 투과도를 감소시킨다.

더욱이 근래에 지구 환경오염에 대한 관심도가 높아지면서 환경부 자원순환기본법 개선권고에 따라 플라스틱 원소재와 재생 소재의 혼합사용에 대한 정부차원의 적용 검토 요청이 심화되고 있어 소재 내부에 포함된 Haze 관련 미세 성분관리가 어려워질 것으로 예상된다.

관련 연구 동향을 분석한 결과 아웃렌즈 내부의 습기 문제에 대한 연구[6]는 진행되고 있으나 Haze의 발생에 대한 연구는 미비한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 헤드램프의 Haze 관련 불량을 제거하기 위하여, 구성 부품의 소재 중 가장 많은 부분을 차지하는 플라스틱 성형 부품의 제작 공정 중 원소재 건조 공정에서 Haze 관련 Gas를 방출하기 위한 방법을 도출하고, 부품 사출시 포함되는 Gas량의 최소화에 대하여 연구하고자 한다.

Fig. 1 Head lamp design of Vehicle

## 2. 연구내용

### 2.1. 헤드램프의 구조

Fig. 3과 같이 헤드램프의 기본 구조는 크게 4가지 부분으로 분류된다.

내부의 광원을 외부 이물질로부터 보호하면서 광원의 빛을 외부로 최대한 손실 없이 투과시켜 주는 아웃렌즈(Outer Lens)와 헤드램프의 미적(美的) 디자인 역할을 하는 베젤(Bezel), 아웃렌즈와 조립되어 내부 부품을 보호하며 헤드램프 내부 부품 대부분이 조립되어지고 자동차 차체와 기계적 및 전기적으로 조립, 연결되는 부품인 하우징(Housing), 하우징에 조립되며 빛을 발생시키는 광원(벌브(Bulb) 혹은 LED Chip과 회로(B) 및 빛을 모으고 원하는 방향으로 보내는 반사경(Reflector)이 조립된 광학모듈(Optical Module)로 분류할 수 있다.

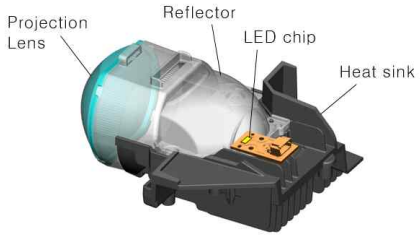



Fig. 2 LED Light module of Headlamp

### 2.2. 헤드램프의 내부 상세 구조

Fig. 4에 나타낸 것과 같이 과거에 주로 사용되었던 구조의 큰 단일 벌브(Bulb) 광원을 이용한 헤드램프는 벌브에서 전방향(全方向)으로 비춰지는 빛을 큰 사이즈의 리플렉터(Reflector)를 이용하여 전면(前面)으로 반사시키게 되는데 이때 리플렉터는 벌브(Bulb) 광원측에서 발생한 열이 리플렉터 후방측(하우징측)으로 이동하는 것을 차단하는 역할을 하게 되어 후방측이 온도 상승되는 것을 막아 줄 수 있었다. 하지만, 현재 가장 많이 사용되고 있는 Fig. 5에 나타낸 것과 같은 구조의 LED Chip 적용한 헤드램프는 리플렉터 전면보다는 다수의 LED Chip을 배치한 PCB의 냉각 역할을 하는 ALDC Heat sink (알루미늄 히트싱크)부가 위치한 리플렉터 후방측으로 열이 모이도록 설계 되어지고 있다[7].

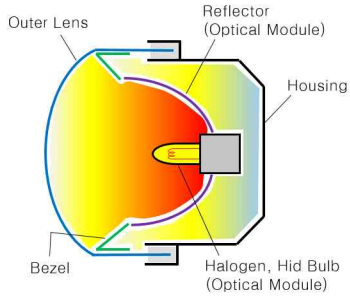



Fig. 4 Structure of Halogen type Head lamp

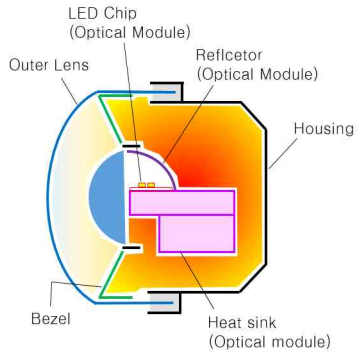



**Fig. 5** Structure of LED type Head lamp

헤드램프의 전방측(아웃렌즈 외부측)은 차량의 외부 환경에 영향을 받고 후방측(하우징 외부측)은 엔진룸 온도에 영향을 받으며 내부측은 빛의 광원 및 내부 전기, 전자 부품에서 발생하는 열들에 의해 영향을 받게 된다. 이에 따라 자동차의 주행 환경(시동 시부터 주행, 정차, 주차까지)에 따라 각 부품들은 부위마다 다른 온도에 노출된다.

각 부품들의 소재는 부품 특성에 따라 다르게 적용되는데 아웃렌즈는 빛의 투과성과 기계적 강도가 우수한 PC(폴리카보네이트) 소재, 베젤은 미려한 디자인 표현성과 높은 온도가 발생하는 광원모듈과 가까운 곳에 위치하게 됨에 따른 내열내구성을 가진 PBT(폴리부틸렌테레프탈레이드) 소재, 하우징은 내구성이 우수한 PP(폴리프로필렌) 소재, 광학모듈은 빛을 발생시키는 회로를 냉각시키기 위해 ALDC(알루미늄 다이케스팅) 소재로 구성된다. 특히, 하우징의 경우 헤드램프의 구조 분류 중 가장 넓은 면적으로 구성되며 헤드램프 내부 부품 대부분과 차체까지 연결되어 기계적인 강성이 매우 중요시 된다.

신규 개발 자동차 헤드램프용 하우징의 경우, 광원모듈의 디자인 및 기능 추가에 따라 무게 증가가 필연적으로 발생하게 되어 보다 더 강화된 PP(폴리프로필렌) 소재에 GF(유리섬유)를 첨가하여 물성을 강화시키고 있다.

플라스틱 소재의 성분 중에는 일정한 온도 이상이 되면 성분 분해가 시작되어 Gas로 유출된다. 이 성분 중에는 유색 플라스틱 표면에는 큰 문제가 되지 않으나 아웃렌즈(Outer Lens)와 같이 투명한 부품에 유증 형태로 코팅되어 투과율을 감소시키는 Haze 문제가 나타난다.

Haze 관련 Gas의 경우에는 발생량은 적으나 발생 소재에서 Gas가 모두 빠져나가기 전까지는 지속적으로 발생하게 됨으로 플라스틱 사출 성형 전 원소재에서 부터 발생량을 감소시키는 것이 중요하다. 그렇지 못한 경우에는 헤드램프가 조립된 후 내부에서 지속적으로 Gas가 발생된다.

## 2.3. 실험 변수 선정

Fig. 6에 나타낸 것과 같이 실험 대상 부품은 현재 가장 많이 사용되고 있는 LED type 헤드램프 구조에서 가장 넓은 면적을 차지하며 높은 열에 가장 오랜 시간동안 노출되게 되어 Haze 발생량이 가장 클 것으로 보이는 하우징(Housing)으로 정하였으며, 일반적으로 하우징에 적용 중인 여러 종류의 원소재 중 A사의 PP(폴리프로필렌)에 GF(유리섬유)가 강화된 소재로 정하였다.

**Fig. 6** Sample of Housing & PP pellet

소재에 포함된 Haze 관련 Gas 성분을 소재 건조 과정에서 저감시키는 것이 가능한지를 확인하기 하여 KAWATA사의 제습건조기 DRF-25Z-KS를 사용하였다.

Table 1과 같이 건조 온도를 80 ℃로 고정하고, 건조시간 0 hr, 1.5 hr, 3 hr, 4.5 hr, 6 hr의 변화에 따른 소재 내부의 Haze 관련 Gas가 소재 내에서 활성화되어 외부로 유출되어 잔존하는 Gas 성분이 감소되는지를 확인하고자 하였다.

**Table 1** Test Sample

| Sample type (Drying time [hr]) | 0 hr | 1.5 hr | 3 hr | 4.5 hr | 6 hr |
|---|---|---|---|---|---|
| Set temp. | 80℃ | | | | |
| Dehumidifier | KAWATA DRF-25Z-KS | | | | |

## 2.4. 실험 방법

Haze 성분의 일반적인 실험 과정은 Fig. 7과에 나타낸 것과 같이, 원소재 준비 후 일정량을 건조기에 투입하고 설정온도 조건으로 건조 시간별로 소재를 추출하여 시료를 준비한다.

준비된 시료를 Haze 포집 장비 내 실험 실린더에 투입하여 실험을 진행하게 된다. 이때 각 실린더별로 시료를 설정된 고온의 온도로 설정 시간동안 가열된다. 시료 내에 포함되어 있던 수분과 Gas 성분들이 활성화 되어 시료에서 빠져나와 설치되어 있는 유리판에 포집된다.

수분과 Gas가 포집된 유리판은 포집된 성분들 중 Haze에 관계없는 성분은 제거하고 관련된 성분만 남기기 위하여 상온에서 장시간 냉각을 진행한다. 이후 Haze 성분만 포집되어진 유리판을 탁도 측정기에서 각각 측정한다. 실제 실험을 위한 상세 실험 조건과 장비는 Table. 2와 Table 3과 같다.

준비된 시료를 Haze 포집 장비인 Thermo Fisher PC-FTS의 6개 실린더 내에 15g씩 투입 후 Oil Bath 온도를 125℃로 5 hr을 유지하였다. 이 후 포집된 6개의 유리판을 Thermo Fisher Haake A25 장비에서 21℃, 7 hr 냉각하였으며 탁도 측정 장비인 Nippon Denshoku NDH-7000에서 탁도(Turbidity) 측정을 진행하였다.

각 시료 종류 별 탁도 평균값 계산시에는 Haze 포집 장비의 실린더별 보일링 온도차 및 투입된 시료의 양 등과 같은 평균값에 영향을 줄 수 있는 요소를 제거하기 위해 측정값 6개중 최대값과 최저값을 삭제하여 4개값으로 절사평균 값을 계산하였다.

**Fig. 7** Test Process

**Table 2** Test Condition

| | Condition | | Setting |
|---|---|---|---|
| Test condition | Boiling | Temp. | 125℃ |
| | | Time | 5hr |
| | Cooling | Temp. | 21℃ |
| | | Time | 7hr |

**Table 3** Test equipment

| Equipment | | Model name |
|---|---|---|
| Haze Testing system | Boiling | Thermo Fisher(USA) PC- FTS |
| | Cooling | Thermo Fisher(USA) Haake A25 |
| Turbidity Meter | | Nippon Denshoku(JPN) NDH-7000 |

## 3. 실험결과 및 분석

Table. 4는 각 건조시간 시료별 Haze 포집 유리판 6개의 탁도 측정결과 수치를 나타내었으며, 6개의 수치를 절사평균으로 평균값을 계산하였다. 그 결과 Fig. 8에 나타낸 것과 같이 0 hr 건조(미건조)의 결과 수치를 제외하고, Haze 성분의 양은 건조시간 1.5 hr에서 6 hr으로 시간이 길어질수록 1.48 %, 0.64 %, 0.41 %, 0.31 %로 점차 감소되는 것으로 고찰되었다.

0 hr(미건조) 시료의 Haze값이 낮게 나온 이유는 미건조 상태에서의 소재 Pellet에 포함된 수분이 Haze 성분의 외부 유출을 막아주었기 때문이라 사료된다.

**Table. 4** Test Result

| Capture Plate No. | Test Result [%] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 hr | 1.5 hr | 3 hr | 4.5 hr | 6 hr |
| #1 | 0.47 | 1.01 | 0.76 | 0.11 | 0.64 |
| #2 | 0.26 | 1.62 | 1.65 | 0.41 | 0.09 |
| #3 | 1.03 | 0.78 | 0.83 | 0.25 | 0.23 |
| #4 | 0.48 | 1.55 | 0.12 | 1.32 | 0.51 |
| #5 | 0.15 | 2.27 | 0.34 | 0.2 | 0.25 |
| #6 | 0.59 | 1.75 | 0.64 | 0.78 | 0.26 |
| Trimmed mean | 0.45 | 1.48 | 0.64 | 0.41 | 0.31 |

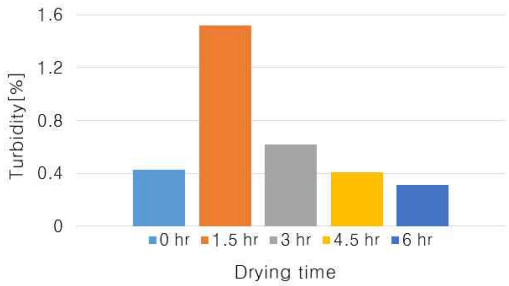



**Fig. 8** Graph of Test Result

## 4. 결론 및 토의

본 연구에서는 자동차용 헤드램프의 구조와 Haze 관련 Gas의 발생량의 측정 방법을 정의하고 플라스틱 소재 내에서 발생하는 Haze 성분을 별도의 Haze 제거 장치 없이 사출 생산라인에서 설치되어 사용하고 있는 소재 건조 공정에서 Haze 성분을 최소화 가능한지를 확인하고자 하였으며 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 소재 건조시간 증대를 통한 소재내 Haze 관련 Gas 성분의 감소가 가능한 것으로 확인하였으며, 건조시간의 증가에 따라 소재 내 Haze 관련 Gas 성분이 감소되는 것으로 고찰되었다.

2) 건조시간은 수지의 종류에 따라 다르나, 실험에 사용된 소재의 경우에는 건조기내 소재 투입 후 최소 3hr이상의 건조가 진행되어야 50% 이상의 Haze 감소효과를 가질 수 있다.

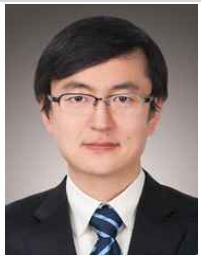
본 연구를 기본으로 양산성을 고려한 Haze 감소효과를 얻을 수 있는 건조 시간 축소 방안과 원소재에 따른 건조시간에 대해 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 참고문헌


1) H.J. Kim, D.K. Lee, H.J. Park, H.S. Yang, P.S. Na and J.S. Kwak, “Design and Fabrication of Heat Sink for Vehicle LED Headlamp Using Thermally-Conductive Plastics”, Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, vol. 28, No. 8, pp. 544-549, 2015.
2) J.H. Shin, K.S. Kim, D.Y. Cho and K.I. Park, “A Study on design direction of automotive lamp through diver cases applied LED technology, Korean Society of Design Science”, Archives of Design Research VOL. 24, No. 1, pp. 47-57, 2011.
3) Reg. for Performance and Safety Standards of Motor Vehicle and Vehicle Parts MOLIT Ordinance No. 797 (2020.12.24.), Article 38-4
4) D.H. Ryu, B.D. Kang, H.D. Cho and B.J. Yong, “Analysis of Condensation Phenomenon Inside Headlamps, The Korean Society Of Automotive Engineers”, Autumn conference 2008, pp. 1849-1854, 2008.
5) S.Y. Eom, H.J. Song, “Development Trend of Headlamp Moisture Removal Technology”, Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 43, No. 10, pp. 50-52, 2021.
6) C.J. Kim, K.D. Choi and M.S. Ko, “A Study on the Development of Headlamp Fogging Suppression System using Cooling System”, The Korean Society Of Automotive Engineers, Autumn conference 2019, pp. 1000-1005, 2019.
7) H.Y. Kang, G.W. Han, H.M. Lee and I.H. Park, “A Study on Optimization of LED cooling module for LED Headlamp”, The Korean Society Of Automotive Engineers, Autumn conference 2017, pp. 936-940, 2017.


## 저자 소개


**이 승 욱(Seung-Wook Lee)** **[학생회원]**



- 1992년 3월~2004년 3월: 발레오-만도 연구소
- 2015년 6월~현재: 동원테크놀러지 연구소 개발팀장
- 2020년 3월~현재: 공주대학교 금형공학과

< 관심분야 >
사출 성형 및 금형

**이 춘 규(Chun-Kyu Lee)** **[정회원]**

- 2014년 8월 : 공주대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2010년 3월~2016년 12월 : 유한대학교 금형설계공학과 교수
- 2016년 12월~2018년 3월 : 한국폴리텍 대학 창원캠퍼스 금형디자인과 교수
- 2018년 4월~현재: 공주대학교 금형설계공학과 교수

< 관심분야 >
프레스 성형 및 금형