

# 자동차 내장재의 연소 특성에 관한 연구

A Study On Combustion Characteristics of Automobile Interior

김 정 훈\*, 박 형 주\*, 김 홍\*\*  
Kim, Jeong-Hun Park, Hyung-Ju Kim, Hong

## Abstract

It is considered that automobile inner space is dangerous due to its combustion characteristics. (Automobile interior is largely made by plastic materials.) At last it is necessary to study on combustion characteristics of automobile interior. we could obtain its rapid combustion velocity and high smoke density by using ASTM D 2863 apparatus, DSC (Differential Scanning Calorimetry), Smoke density apparatus and so on.

This study is summerized by following conditions and results.

1. Sample size was 150mm(length)×60mm(width).
2. Combustion velocity appeared peak point in the 2cm point.
3. PVC and foam layers are important factors in the face of smoke density.
4. Using DSC, we obtained the point that automobile interior was melted.
5. Automobile interior should be improved because of its low L.O.I value and rapid flame propagation velocity.

## 1. 서 론

전 세계적으로 자동차의 수요 및 사용량이 증가하면서 자동차의 배출가스로 인한 대기오염, 지하자원의 고갈로 인한 에너지 수급면에서 많은 문제점들이 나타나고 있다. 이런 문제점들을 개선하고자 하는 하나의 방법으로 국내외적으로 자동차의 무게 절감을 통한 연소효율을 높이기 위해 경량 재료를 사용하는 추세가 증대하고 있는 실정이다. 경량화 경향을 보면 75년도에 전체 중량의 5% 범위내에서 쓰이던 경량 재료는 현재 12%이상 사용되고 있다.

“Delphi VII 북미 자동차 산업의 예상과 분석”의 재료편을 보면 자동차용 경량재료는 점차적으로 가연성 플라스틱의 사용량이 증가하고 있는 실정이다. 그러나 자동차의 무게 절감에 쓰이는 재료의 대부분은 가연성 플라스틱으로서 그 특성이 불에 약하며 연소시 다량의 가연성 가스 및 독성 가스를 방출하는 등의 문제점을 안고 있다. 따라서 자동차 사고 등으로 인한 화재 발생 빈도가 점차 증가하고 있으며, 화재로 인한 인명 및 재산 피해를 초래하고 있다.

\*호서대학교 대학원 산업안전공학과

\*\*호서대학교 공과대학 안전공학부

현재 전세계적으로 Plastics polymer의 연소특성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데 이는 일반적으로 ASTM D 2863을 이용한 최소 산소농도(LOI)측정 및 UL (Underwriter's Laboratory) 94 규정에 의해 Horizontal Burning과 Vertical Burning 시험방식을 이용하고 있다. 특히 미국의 경우 자동차 내장재에 사용되는 모든 Plastics polymer는 FMVSS(Federal Motor Vehicle Safety Standard) 320 규정에 의해 승인을 받아야만 사용할 수 있도록 되어 있다.<sup>2)</sup> 한편, Plastics polymer 연소 특성에 관해 발표된 논문을 보면 Flexible and Rigid polymer foams에 대한 연소특성이 Thomas J. Ohlmer<sup>3)</sup> 등에 의해 발표되었으며, Polyurethane foams의 혼소 특성은 Michael J.<sup>4)</sup>, F. E. Rogers<sup>5)</sup> 등에 의해, PMMA(Polymethylmethacrylate)를 이용한 upward spread of flame은 A. C. Fernandez-pello<sup>6)</sup>, 그리고 Downward Burning Fire는 Merwin Sibulkin<sup>7)</sup>, R. A. Altenkirch<sup>8)</sup> 등에 의해 발표되었다. 또한 화염전파에 대한 Buoyancy effects에 관한 연구는 R. A. Altenkirch<sup>9)</sup>가 발표했으며, 최근에는 Canewell, Elizabeth Raye<sup>10)</sup>, Torero, Jese Luis<sup>11)</sup> 등에 의해서 구체화되었고 국내에서는 KIM<sup>12)</sup>에 의하여 연소성 측정장치(ASTM D 2863)를 이용한 셀룰로오스 단열재가 혼소에서 유염연소로 전이되는 현상을 고찰하고, 난연재를 첨가한 셀룰로오스 단열재의 연소특성 등을 고찰<sup>13)</sup>하였으며, HDPE와 LDPE의 연소성 측정 및 비교 등<sup>14)</sup>이 발표되었다. 그리고 국내의 자동차 생산을 고찰하여 보면 이에 관계된 기업체의 부설연구소 및 공공기관에서 실시하고 있는 연소성 측정이 대부분 UL94의 규정에 의해 Horizontal Burning 과 Vertical Burning 시험방식을 이용하고 있으며, 자동차 내장재의 연소성에 대한 측정은 MVSS NO. 302에 대해 적용되는 것을 이용하여 단지 대기압 실온상태(1atm, 25℃)에서 Horizontal Burning에 의한 화염전파 속도에만 주안점을 두고 있다. 따라서 본 연구에서는 자동차 내장재 각 부위별 Sample을 채취하여 서로 다른 폴리머가 2-4층 구조로 이루어져 있는 자동차 내장재의 각 물질의 연소현상

을 각기 파악한 다음 같이 부착된 내장재의 연소특성 실험을 통해 이의 차이점 및 물질 상호간의 작용 등에 대해서도 고찰하고자 한다.

DSC(Differential Scanning Calorimetry)를 이용하여 Sample의 열적 특성을 파악하고, ASTM D 2863을 이용 유속변화, 산소농도의 변화를 통해 LOI, 연소속도, 연소시간, 등을 고찰하는 데 있다. 그리고 Smoke Density 측정장치를 이용하여 연기밀도 등을 측정하여 종합적인 연소현상을 체계적으로 분석 고찰함으로써 차후 새로운 난연제(Flame Retardants) 및 억연제(Smoke Suppressants)를 첨가한 새로운 자동차 내장재 개발에 필요한 하나의 자료를 제시하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 산소지수 실험

#### 2.1.1 실험시료

자동차 내장재 중 각 부위별(C/PAD, D/Trim, Floor Carpets, H/Line, Instrument pannel)로 sampling한 후 일정한 크기 150mm×30mm, 두께 6mm 이하로 절단한 후 50℃에서 항온 항습조에 24시간 건조후 사용한다.

#### 2.1.2 실험방법

연소성 측정장치 (ASTM D 2863)-Fig.1를 이용하여 각 내장재의 크기별, 산소와 질소 혼합기체의 유속, 산소 몰분율, 연소형태를 변화시켜 최소산소농도(LOI), 연소속도를 측정하고 혼합기체의 유속 변화에 따른 연소 형태 등을 고찰한다.

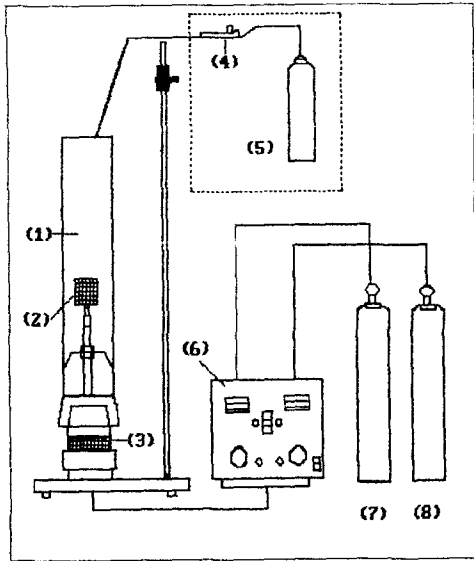


Fig.1 Schematic diagram of ASTM D 2863 apparatus

- (1) Pyrex glass
- (2) Stainless steel net
- (3) Glass Beads
- (4) Torch
- (5) Propane Gas
- (6) Oxygen Indexer
- (7) Oxygen Gas
- (8) Nitrogen Gas

2.1.3 결과 및 고찰

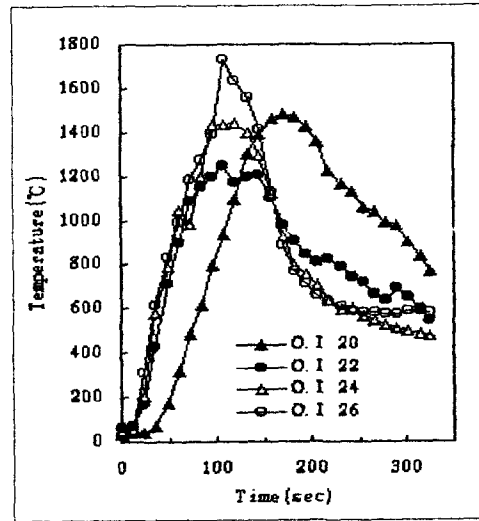


Fig.2 Temperature change as time with different O.I values

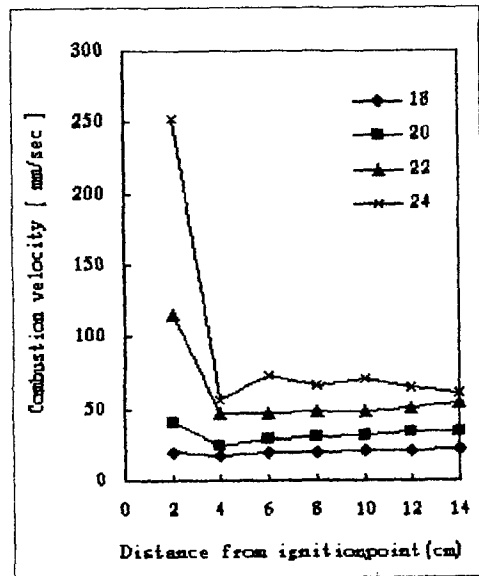


Fig.3 Combustion velocity versus Distance from ignition point

Fig.2는 시간 경과에 따른 온도 변화를 나타낸 것으로 O.I 값에 따라 온도 추이 양상이 다른 것을 알 수 있는데 즉 O.I 값이 높을수록 단시간에 온도 상승이 일어나며 그 수치도 높다는 것을 알 수 있다. Fig.3은 착화원으로부터의 거리에 따라서 연소 속도가 어떻게 변화되는지 나타내는 그림으로서 착화원으로부터 거리가 2cm 정도에 이르렀을 때 그 화염전파속도가 빠르며 그 이후에는 큰 변화가 없다는 것을 알 수 있다.

## 2.2 열 특성 분석

### 2.2.1 실험시료

자동차 내장재의 C/PAD, D/Trim, Floor Carpets, H/Line, Instrument pannel을 50℃에서 항온 항습조에 24시간 건조후 각 sample의 층별로 일정한 무게를 채취하여 사용하였다.

Fig.2는 시간 경과에 따른 온도 변화를 나타낸 것으로 O.I 값에 따라 온도 추이 양상이 다른

### 2.2.2 실험방법

열특성 분석장치인 DSC (Differential Scanning Calorimetry)를 이용하여 300℃~500℃의 온도범위내에서 승온 속도 30℃/min으로 일정한 실험 조건을 정한 후 2~3가지 층으로 구성된 자동차 내장재의 각 종류 및 층별로 각각 용점과 발화점을 측정하였다.

### 2.2.3 결과 및 고찰

Fig.4 와 Fig.5는 D/Trim부의 표피재 (PVC + foam)와 D/Trim부 전체(표피재+기재)가 모두 결합된 상태에서 시간에 따른 연기량을 측정함으로써 이 그래프를통해 연기 발생에 영향을 미치는 인자는 PVC나 foam층이지 기재가 아니라는 것을 쉽게 확인할 수 있다.

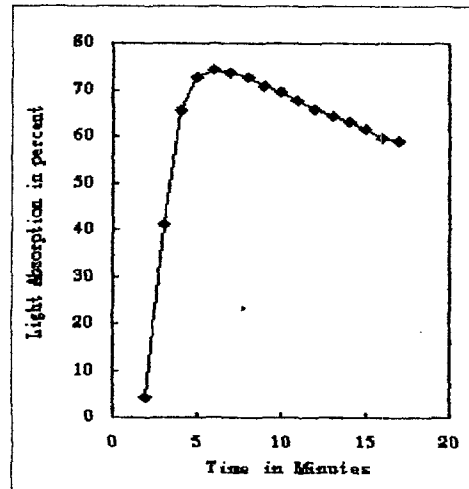


Fig.4 Light absorption in percent as time with PVC and foam layers

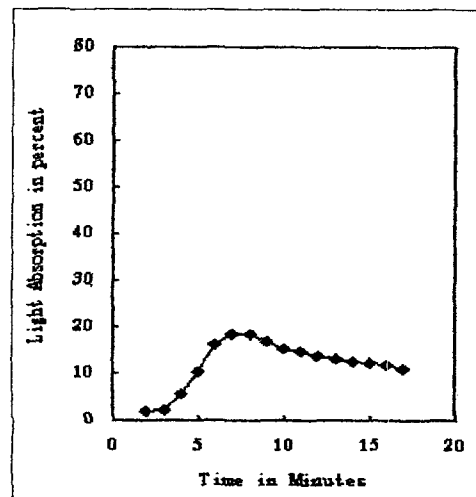


Fig.5 Light absorption in percent as time with a total of D/Trim

## 2.3 Smoke Density 측정

### 2.3.1 실험시료

자동차 내장재 중 sampling한 각 부위를 1" × 1" 의 크기로 자른 후 50℃, 항온항습조에 24시간 건조 후 사용하였다. 시료의 두께 2mm~6mm를 사용하였으며 무게는 0.8~4g범위내에서 사용하였다.

### 2.3.2 실험방법

Smoke density 측정장치로 ASTM D 2863-77를 이용하였으며 1" × 1" 의 크기로 절단한 시료를 stainless steel screen위에 올려 놓고 단조한 가스 버너를 이용하여 착화시킨 다음 착화와 동시에 4분동안 연기의 발생량을 15초 간격으로 check하여 연기 밀도를 구한다.

### 2.3.3 결과 및 고찰

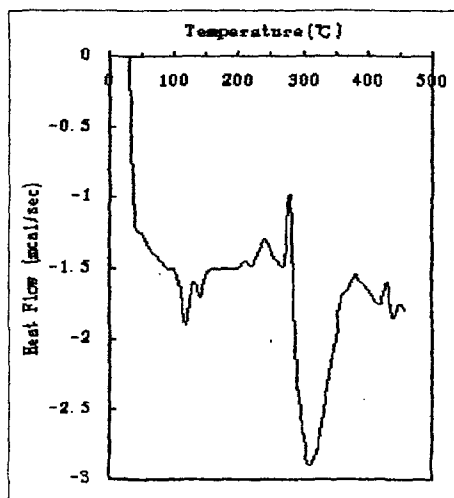


Fig.6 Heat flow as temperature with PVC and foam layers in the D/Trim

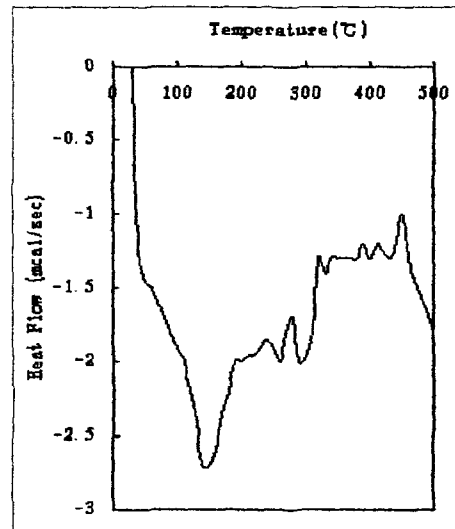


Fig.7 Heat flow as temperature with a total of D/Trim

Fig.6은 D/Trim부에서 표피층의 온도에 따른 열량을 나타낸 것으로서 그 용융구간이 300℃ 부근임을 알 수 있다.

Fig.7은 표피재와 기체가 붙어 있는 D/Trim부의 열량 발생 곡선으로서 Fig.6과는 달리 100℃ 이후에서 1차 용융이 일어나고 300℃부근에서 2차 용융이 일어남을 알 수 있다.

## 3. 결론

본 연구에서 착화원에 따른 연소 속도는 전체 15cm에서 약 2cm부근에 화염이 통과할 때 가장 큰 값을 나타냈으며 전반적으로 불 때 자동차 내장재는 L.O.I값이 상당히 낮아 불에 타기 쉬운 결점을 가지는 것을 알아내었다. 한편 연기밀도는 PVC와 foam층이 영향 인자임이 판명되었고 DSC를 통하여 자동차 내장재의 용융점을 알아 내었다. 결국 현재의 자동차에 쓰이는 내장재는 매우 취약한 특성을 가지고 있어 자동차 실내 화재시 인명 안전 및 재물 피해를 초래할 수 있어 이의 방화적인 측면이 신중히 고려되어야 한다고 사료된다.

#### 4. 참고 문헌

1. 김종구, 이명구, "자동차용 플라스틱의 현황", 고분자 과학과 기술, Vol.6, No.4 pp. 307-313(1995)
2. 김석준, "난연플라스틱 현황", 고분자 과학과 기술, Vol.6, No.2, pp. 118-127(1995)
3. Thomas J. Ohlemiller and Frand E. Rogers, "A survey of several factors influencing smoldering combustion in flexible and rigid polymer foams", J. Fire and Flammability, Vol.9, pp.489-509(1978)
4. Michael J. Reale and Barry A. Jacobs, "A rapid, predictive test for urethane foam scorch", J. Cellular Plastics, pp.311-314, Nov./Dec.(1979)
5. F. E. Rogers and T. J. Ohlemiller, "Smolder characteristics of flexible polyurethane foams", J. Fire and Flammability, Vol. 11, pp. 32-44(1980)
6. A. C. Fernandez-pello, "A theoretical model for the upward laminar spread of flames over vertical fuel surfaes", Combustion and Flame, Vol.31, pp.135-148 (1978)
7. Merwin Sibulkin and Michael W. Little, "Propagation and extinction of downward burning fires", Combustion and Flame, Vol.31, pp. 197-208(1978)
8. R. A. Altenkirch, R. Eichhorn and A. R. Rizvi, "Correlating downward flame spread rates for thick fuel beds", Combustion Science and Technology, Vol.32, pp.49-66 (1983)
9. R. A. Altenkirch, R. Eichhorn and P. C. Shang, "Buoyancy effects on flames spreading down thermally thin fuels", Combustion and flame, Vol.37, pp. 71-83 (1980)
10. Cantwell, Elizabeth Raye, "Buoyancy and heat loss effects in near interface University of California, Berkeley(0028), Degree : PHD(1993)
11. Torero, Jose Luis, "Buoyancy effects on smoldering of polyurethane foam", University of California, Berkeley(0028), Degree : PHD(1993)
12. 김홍, 김기환, "석면 대체용 셀룰로오스 단열재의 연소전이에 관한 연구", 산업안전학회지, Vol.7, No.3, p.7 (1992)
13. 김홍, 인세진, "붕산-붕사-Aluminium sulfate계 셀룰로오스·단열재의 연소 특성", 산업안전학회지, Vol.7, No.4, p.7(1992)
14. 정국삼, 류영순, "A study on the combustibility of formed polyethylene", 산업안전학회지, Vol.9, No.3, pp.60-66 (1994)