

A-12

## Toluene과 iso-Propanol 계의 자연발화온도 측정

하동명\*, 유현식\*, 강균희\*, 윤여송\*\*, 이영순\*\*\*

세명대학교 보건안전공학과

세명대학교 대학원 환경안전시스템공학과\*,

서울산업대학교 에너지 환경대학원\*\*

서울산업대학교 안전공학과\*\*\*

## Mesurement of Autoignition Temperature of Toluene and iso-Propanol Mixture

D.M. Ha, H.S. Yu\*, G.H. Kang\*, Y.S.Yoon\*\*, Y.S. Lee\*\*\*

Department of Occupational Health and Safety Engineering, Semyung University

\*Department of Environmental Safety System Engineering Graduate School, Semyung University

\*\*Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Technology

\*\*Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology

### 1. 서론

최근 화학물질의 사용 증가로 이들 물질에 의한 화재 및 폭발 사고가 빈번히 발생되고 있다. 산업현장에서 화재 및 폭발이 발생하는 경우 작업자 및 관리자 등이 재해 원인을 신속히 파악하여 대응하여야 하나, 취급물질의 정보 부족으로 인하여 효과적인 대책도 없이 안전조치를 하는 경우 중대사고로 이어지는 사례가 많다. 화학공장과 제조업 등의 사업장에서 발생하는 화재 및 폭발은 설비와 건물의 파괴뿐만 아니라 사업장의 근로자와 인근 주민에 대한 인명 피해까지 초래하는 경우가 많으므로 공정안전을 위해 화재 및 폭발 분야의 연구에 대한 많은 관심을 가져야 한다. 최근에는 연소특성치 가운데 자연발화에 대한 연구에 관심이 커지고 있다<sup>1)</sup>.

자연발화(Autoignition)는 가연성혼합기체에 열 등의 형태로 에너지가 주어졌을 때 스스로 타기 시작하는 산화 현상이다. 일반적으로 가연성물질이 주위로부터 충분한 에너지를

-----  
hadm @emyung.ac.kr

받아서 스스로 점화할 수 있는 최저온도를 최소자연발화온도(AIT, Autoignition Temperature) 이라고 한다<sup>2,3)</sup>.

AIT는 개시온도, 증기농도, 용기크기, 산소농도, 계의 압력, 촉매, 발화지연시간 등 다양한 실험조건에 영향을 받는다. 또한 AIT측정에 있어 기체와 액체 및 고체의 측정법이 다른 경우도 있으며, 온도를 미리 일정하게 정하여 실험하는 정온법과 온도를 올리면서 발화 온도를 측정하는 승온법이 있다. 이와 같이 다양한 장치 및 조건에 의해서 실험이 이루어지고 있으므로 문헌들 마다 다른 값들이 제시되고 있다<sup>4-7)</sup>.

본 연구에서는 자연발화온도를 측정하는데 최근에 고안된 장치인 ASTM E659-78 (Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemical)<sup>5,9)</sup>을 사용하여 톨루엔과 이소프로판올의 혼합물에 대한 최소자연발화온도를 측정하였고 2성분계의 자연발화온도를 측정하기에 앞서 2성분계를 구성하는 순수물질인 톨루엔과 이소프로판올의 최소자연발화온도를 측정하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험장치

본 실험에 사용된 장치는 액체 화학물질의 자연발화점 측정 장치로서 ASTM E659-78(Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemicals)장치를 사용하였으면 장치는 크게 Furnance, Temperature Controller, Thermocouple, Test Falsk, Hypodermic Syringe, Mirror, Air Gun으로 구성되어 있다<sup>3,9,10)</sup>.

### 3.2 실험방법

실험 방법은 ASTM E659-78 규정에 맞추어 실험하였으며, 절차는 다음과 같다.

- 1) 실내 온도, 기압, 시간, 습도를 기록한다.
- 2) 기준 온도를 설정하고, 실험 장치를 가열한다.
- 3) 설정온도에 도달하면 플라스크 내부에 주사기로 시료를 0.1 ml를 넣는다.
- 4) 시료를 넣는 순간 Timer 작동한다.
- 5) 10분 동안 관찰 후 발화가 일어나지 않으면 비 발화로 간주하고 플라스크를 에어건으로 청소 후 다시 실험을 준비한다.
- 6) 다시 온도를 설정한 후 10분전에 발화가 일어나면 설정 온도 보다 30℃ 낮게 설정하고 3~5℃ 혹은 10℃씩 증가시키면서 측정한다.
- 7) 발화 지연 시간을 2초미만 까지 측정한다.
- 8) 발화가 일어났을 때 시간과 온도를 기록한다.

### 3.3 실험재료

사용된 시약 가운데 toluene은 Samchun의 순도 99.5%, IPA는 Duksan의 순도 95%를 사용

하였으며, p-xylene(98.5%)과 n-butanol(99%)은 Junsei사의 제품을 사용하였다. 별도의 정제 과정을 거치지 않았으며, 혼합물의 발화온도 측정을 위해서 순수물질을 각각 다른 몰비(Mole Fraction)로 혼합하여 실험하였다.

### 3. Toluene+iso-propanol(IPA) 계의 자연발화온도 고찰

#### 3.3.1 Toluene(0.3)+iso-propanol(0.7)계의 자연발화 온도

본 실험에서는 IPA의 순수물질 자연발화온도를 고려하여 440℃와 450℃에서 실험을 하였으나 발화가 일어나지 않았으며, 460℃에서 실험한 결과 12.39sec에 발화가 되었다. 최소자연발화온도를 찾기 위해 455℃, 457℃에서 실험을 하였지만 발화가 일어나지 않았다. 최소자연발화온도인 460℃를 기점으로 5℃ 혹은 10℃씩 상승시켜 발화온도를 측정한 결과, 470℃에서 9.47sec, 490℃에서 5.74sec 그리고 510℃에서 1.87sec에 발화하였다.

#### 3.3.2 Toluene(0.5)+iso-propanol(0.5)계의 자연발화 온도

465℃와 467℃에서 실험하였으나 발화가 일어나지 않았으며, 470℃에서 최초 발화가 일어났으며 이때의 발화지연시간은 17.74sec였다. 이를 기점으로 5℃ 혹은 10℃씩 상승시켜 발화온도와 발화지연시간을 측정한 결과 475℃에서 8.09sec, 490℃에서는 6.88sec 그리고 510℃에서 1.71sec였다.

#### 3.3.3 Toluene(0.5)+iso-propanol(0.5)계의 자연발화 온도

Toluene(0.5) + IPA(0.5) 계의 자료를 근거로 500℃에서 실험을 시작하였으나 발화가 일어나지 않았다. 그 후 10℃상승시킨 510℃에 발화하여 최소자연발화온도를 찾기 위해 3~5℃씩 낮춰서 실험을 진행하였다. 505℃에서 발화가 일어나지 않았으며 507℃에서 최소 자연발화온도를 찾을 수 있었다. 이때의 발화지연시간은 17.38sec였다. 이를 기점으로 5℃ 혹은 10℃씩 상승시켜 발화온도와 발화지연시간을 측정한 결과, 520℃에서 8.31sec, 530℃에서 5.19sec 그리고 540℃에서 1.32sec였다.

#### 3.3.4 Toluene(0.5)+iso-propanol(0.5)계의 최소자연발화온도 거동(MAITB)

Toluene+IPA 계의 최소자연발화온도거동을 고찰하기 위해 각각의 혼합조성에서 얻은 최소자연발화온도를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 Toluene+IPA 계의 경우 Toluene의 조성이 0.3에서 두 순수 물질의 자연발화온도(IPA의 AIT는 463℃)보다 낮은 460℃를 나타내고 있다. 이 조성에서 혼합물을 구성하는 두 가지의 순수물질 가운데 낮은 AIT보다 낮게 측정된 최소자연발화온도 거동(MAITB, Minimum Autoignition Temperature Behavior)을 보이고 있다.

일반적으로 화학공정에서 혼합물을 취급할 때 공정 안전을 목적으로 자료를 활용하는 경우 혼합물 가운데 낮은 순수물질의 연소특성치를 활용하고 있는 것이 사실이다. 따라서 본 연구에서 제시한 자료는 Toluene과 IPA를 취급하는 공정에서 매우 중요한 자료로서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

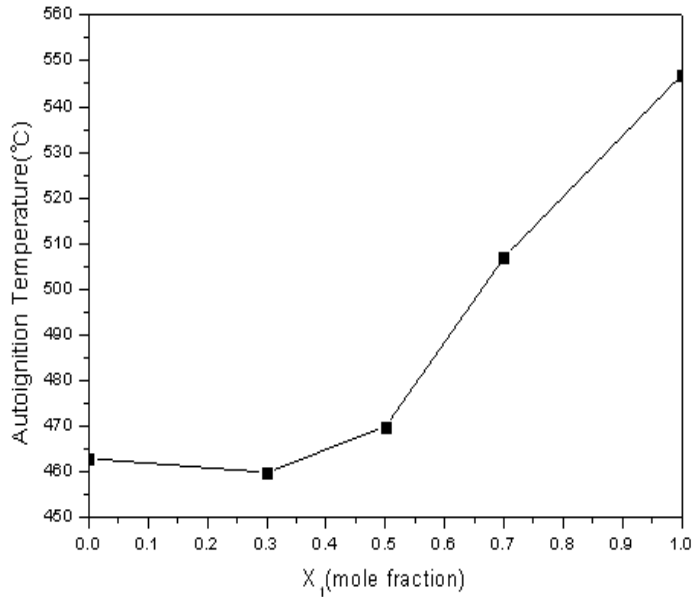


Fig. 1. AIT of toluene( $X_1$ )+iso-propanol( $X_2$ ) system.

#### 참고문헌

- 1) E. Meyer, "Chemistry of Hazardous Materials", 2nd ed., Prentice-Hall (1990).
- 2) A.M. Kanury, "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering ; Ignition of Liquid Fuels", 2nd ed., SFPE(1995).
- 3) D. Drysdale, "An Introduction to Fire Dynamics", 2nd ed., John Wiley & Sons, 1998.
- 4) V. Babrauskas, "Ignition : A Century of Research and an Assessment of Our Current Status",
- 5) 하동명, 이성진, "오토자일렌과 노말펜탄을계의 최소자연발화온도 측정", 한국안전학회지, Vol. 21, No. 4, pp.66-72(2006)
- 6) 하동명, 이성진, "Ethylbenzene+n-Hexanol계와 Ethylbenzene+n-Propionic acid계의 최소자연발화온도의 측정", 한국화재소방학회 논문지, Vol. 21, No. 2, pp.33-40(2007).
- 7) 이수경, 하동명 "최신화공안전공학", 동화기술(1997)
- 8) F-Y. Hshieh, D.B. Hirsh and J.H. Willams, " Autoignition Temperature of Trichlorosilanes ", Fire and Materials, Vol. 26, pp.289-290(2002).
- 9) 하동명, 이성진, "가연성 이성분계 최소자연발화온도거동(MAITB)", 한국안전학회지, Vol. 23, No. 6, pp.70-75(2008)
- 10) I. Goldfrab and A. Zinoviev, "A Study of Delay Spontaneous Insulation Fires", Physics Letter, A 311, pp.491-500(2003).