

3-Hexanone과 n-Propionic acid 혼합물의 자연발화 온도 측정

유현식, 이명호*, 장기승**, 박인우**, 강미경**, 박상훈**, 정성현**, 하동명**

세명대학교 대학원 환경안전시스템공학과

세명대학교 대학원 소방방재학과

세명대학교 보건안전공학과

Measurement of Autoignition Temperature of 3-Hexanone and n-Propionic acid Mixture

H.S. Yu, M.H. Lee*, K.S. Jang**, I.W. Park**, M.K. Kang**, S.H. Park**,
S.H. Jung**, D.M. Ha*

Department of Environmental Safety System Engineering Graduate School,
Semyung University

*Department of Fire and Disaster Prevention Graduate School, Semyung University

**Department of Occupational Health and Safety Engineering, Semyung University

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 연소 특성치 가운데 자연발화에 대한 연구에 관심이 커지고 있다.

자연발화(Autoignition)는 가연성혼합기체에 열 등의 형태로 에너지가 주어졌을 때 스스로 타기 시작하는 산화 현상이다. 일반적으로 가연성물질이 주위로부터 충분한 에너지를 받아서 스스로 점화할 수 있는 최저온도를 최소자연발화온도(AIT, Autoignition Temperature)이라고 한다.¹⁾

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 문헌들마다 다른 값들이 제시되고 있다²⁻⁵⁾.

본 연구에서는 자연발화온도를 측정하는데 최근에 고안된 장치인 ASTM E659-78(Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemical)⁶⁾을 사용하여 3-Hexanone과 n-Propionic acid의 혼합물에 대한 최소자연발화온도를 측정하였고 2성분계의 자연발화온도를 측정하기에 앞서 2성분계를 구성하는 순수물질인 3-Hexanone과 n-Propionic acid의 최소자연발화온도를 측정하였다. 제시된 순수물질과 혼합물들의 실험 자료는 이들을 취급, 처리 및 생산하는 공정에서 화재의 방호 자료로 이용하고 다른 혼합물의 자연발화 연구에 응용하는데 목적이 있다.

2. 자연발화온도의 적용범위

2.1 전기설비분야

폭발성 가스가 전기 기기의 고온부분에 닿게 되면, 폭발을 일으킬 위험이 있다.

2.2 공정 장치분야

화학공정의 반응용기에서 증류탑이나 열교환기 유체는 공기가 존재하는 곳에서 이들 유체의 최소자연발화점 이상으로 과열되는 경우가 있는데 이 유체들의 누출 사고로 공기와 접촉하자마자 자연스럽게 발화할 수 있다.

2.3 용제 취급분야

용제 증발 오븐은 특별한 용제의 최소발화온도 이상으로 가열하는 경우 발화할 수 있다.

2.4 각종 전자산업 분야

각종 반도체 공정을 비롯한 전자산업 등에서 용제 및 세척제 등으로 사용된 후 배출되고 있는 다양한 폐기물에 대한 발열 특성을 파악함으로써 공정의 안전을 확보하는데 도움을 줄 수 있다.

3. 실험

3.1 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^{6,7)}.

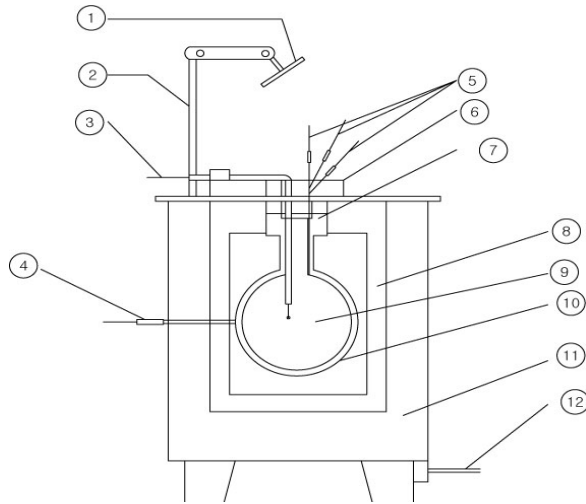


Figure 1. Schematic diagram of autoignition temperature apparatus(ASTM E 659-78).

- ① Mirror ② Mirror stand ③ AIT detector ④ Temperature detector control
 ⑤ Flask external measurement detector ⑥ Cover ⑦ Flask holder
 ⑧ Furnace wall ⑨ 500cm³ round test flask ⑩ Aluminum foil wrap
 ⑪ Furnace body ⑫ Electric source code

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

실험에 사용된 재료는 Lancaster사의 순도99% 3-Hexanone과 Acros사의 순도 99% n-Propionic acid을 사용하였으며, 별도의 정제과정을 거치지 않았다. 3-Hexanone의 자연발화온도는 425℃, n-Propionic acid의 경우 511℃로 측정되었다.

4. 결과 및 고찰

4.1 혼합물질의 자연발화온도 고찰

ASTM E659-78 장치를 이용하여 이성분계 혼합물(3-Hexanone+n-Propionic acid 계)에 대하여 각각의 몰 비에 따른 최소자연발화온도와 발화지연시간의 관계를 실험하여 그 결과를 Table 1.에 나타내었으며, 또한 혼합물의 최소발화온도 경향을 살펴보기 위해 Fig 2.에 나타내었다.

Table 1. Experimental ignition delay time by the AIT for 3-Hexanone+n-Propionic acid system

NO.	T[K]			τ_{EXP} [S]		
	0.7 : 0.3	0.5 : 0.5	0.3 : 0.7	0.7 : 0.3	0.5 : 0.5	0.3 : 0.7
1	693.15	723.15	750.15	7.29	13.93	6.78
2	703.15	733.15	753.15	6.17	8.82	6.81
3	713.15	743.15	763.15	4.38	7.60	6.43
4	723.15	753.15	773.15	4.33	7.43	5.17
5	733.15	763.15	783.15	4.19	6.88	4.92
6	743.15	773.15	793.15	3.88	6.47	4.46
7	753.15	783.15	803.15	3.64	5.21	4.44
8	763.15	793.15	813.15	3.49	4.33	3.21
9	773.15	800.15	823.15	3.19	3.18	2.78
10	783.15	813.15	833.15	2.53	1.74	1.91
11	793.15	-	-	1.86	-	-

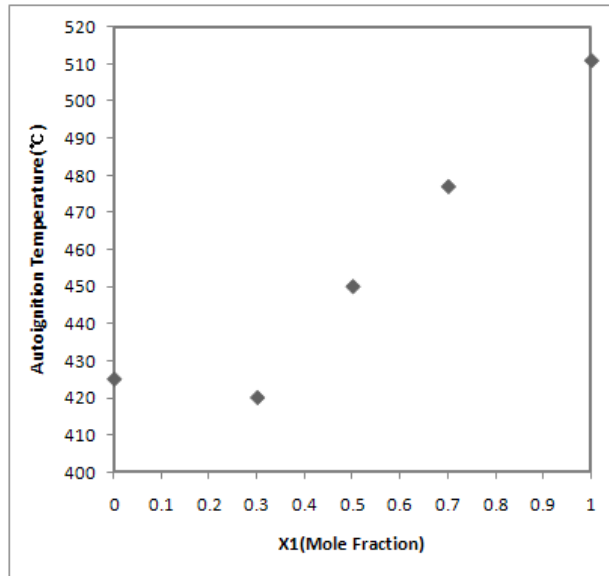


Figure 2. Experimental AIT of n-Propionic acid(X_1)+3-Hexanone(X_2) System

5. 결론

본 연구에서는 ASTM E659-78장치를 이용하여 가연성 혼합물인 3-Hexanone+n-Propionic acid계에 대해 최소자연발화온도를 측정하였다. 우선 이성분계를 구성하는 순수 물질인 3-Hexanone, n-Propionic acid 자연발화온도와 발화지연시간을 측정하였으며, 또한 두 가지의 혼합물에 대해 자연발화온도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 3-Hexanone과 n-Propionic acid 순수물질의 자연발화온도는 각각 425℃, 511℃로 측정되었다.
- 2) 3-Hexanone+n-Propionic acid 계의 자연발화온도는 다음 혼합 조성에 따라서 3-Hexanone(0.3)+n-Propionic acid(0.7)에서는 420℃, 3-Hexanone(0.5)+n-Propionic acid(0.5)에서는 450℃, 3-Hexanone(0.7)+n-Propionic acid(0.3)에서는 477℃로 측정되었으며, n-Propionic acid의 조성이 0.3일 때 두 개의 순수물질 가운데 낮은 최소자연발화온도인 3-Hexanone의 AIT보다 5℃낮은 420℃로 측정된 최소자연발화온도 거동(MAITB, Minimum Autoignition Temperature Behavior)을 보이고 있다.

참고문헌

1. E. Meyer, "Chemistry of Hazardous Materials", 2nd ed., Prentice-Hall(1990)
2. C. J. Hilado. and S. W. Clark, "Autoignition temperature of Organic Chemicals", Chemical Engineering, Vol. 4, pp.75-80(1972)
3. S. Yagyu, "Systematization of Spontaneous Ignition temperature of Organic Compounds -Spontaneous Ignition temperature of Alkyl Alcohols-", Resea -rch Report of the Research Institute of Industrial Safety(RIIS-RR-26-5), Japan(1978)
4. L. M. Egolf. and P. C. Jurs, "Estimation of Autoignition Temperature of Hydrocarbons, Alcohols and Ester from Molecular Structure", Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 31, pp.1798-1807(1992)
5. NFPA, "Fire Hazard Properties of Flammable Liquid, Gases, and Volatile solids", NFPA 325M, NFPA(1991)
6. D.M.Ha, "Relationship between Autoignition Temperature(AIT) and Ignition Delay Time for Acids" T. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng, Vol. 18, No. 2, pp. 27~33(2004)
7. D.M.Ha, "Measurement and Prediction of Autoignition Temperature(AIT) of Flammable Substances -Metanol and Eyhanol-, J. of the Korean Institute for Industrial Safety, Vol. 19, No. 2, pp. 54~60(2004).