

스티렌의 인화점과 폭발한계

하동명, 이명호*, 강미경, 강소영, 박상훈,
정성현, 박윤아, 김세호, 안종일, 최윤제
세명대학교 보건안전공학과,
세명대학교 대학원 소방방재공학과*

Flash Points and Explosion Limits of Styrene

D.M. Ha, M.H. Lee*, M.K. Kang, S.Y. Kang, S.H. Park, S.H. Jeong, Y.A. Park,
S.H. Kim, J.I. Ahn, Y.j. Choi
Dept. of Occupational Health and Safety Engineering, Semyung University
*Dept. of Fire and Disaster Prevention Engineering, Graduate School, Semyung
University

1. 서론

화재 및 폭발파라미터(Fire and Explosion Parameters)로 공기 중에서의 폭발한계와 상한계, 인화점, 최소발화온도, 연소열 등의 자료가 제시되고 있다¹⁾. 일반적으로 인화점은 하부인화점과 상부인화점으로 나누고 있으며, 일반적으로 하부인화점을 인화점이라 한다. 인화점은 가연성 액체의 화재 위험성을 나타내는 지표로써, 가연성액체의 액면 가까이서 인화할 때 필요한 증기를 발산하는 액체의 최저온도로 정의한다. 폭발한계는 가연성 물질(가스 및 증기)을 다루는 공정 설계 시 고려해야 할 중요한 변수로써, 발화원이 존재할 때 가연성가스와 공기가 혼합하여 일정 농도범위 내에서만 연소가 이루어지는 혼합범위를 말한다. 특히 폭발한계는 초기 온도, 초기 압력, 불활성가스의 농도, 화염전파 방향, 장치의 표준상태, 물리적 상태, 실험자의 숙련도 등에 따라 다른 값을 가지므로 문헌 자료 역시 다양하게 제시되고 있다^{2,3)}.

본 연구에서는 벤젠 고리에서 수소 1개를 바이닐기로 치환한 구조를 가지고 있으며, 상온에서 액체 상태이며 무색이고, 극성이 없기 때문에 물에는 거의 녹지 않으며 에테르나 벤젠 같은 무극성 용매에는 잘 녹으며, 스티렌뷰타다이엔고무나 폴리에스터의 원료로도 사용되며 도료와 건성유 등에도 사용되고 있는 스티렌(Styrene)에 대해 인화점을 측정하여 기존의 자료들과 비교 고찰하였다. 그리고 폭발한계는 여러 문헌에 제시된 자료를 고찰하여 공정안전에 타당한 자료를 제시하였다. 본 연구에서 제시된 스티렌을 취급하는 공정에서 보다 정확한 자료를 사용함으로써 재해를 예방하는데 목적이 있다.

2. 스티렌의 연소특성

스티렌은 위험물안전관리법에서는 제 4류위험물의 제 2석유류, 산업안전보건법에서는

작업환경측정물질, 관리대상유해물질, 노출기준 설정물질 등으로 규정하고 있다. 스티렌은 화재 및 폭발의 위험이 크고, 증기는 공기보다 무거우며, 증기 또는 가스는 원거리의 발화원으로부터 점화되어 순식간에 확산될 수 있다. 피해야할 조건은 발화원은 열, 스파크, 불꽃 기타 점화원의 접촉을 피해야 한다. 그리고 강산화제 (과산화물, 염소산염), 강산 등과 반응하므로 접촉을 피한다. 소화약제로는 입자상 분말 소화약제, 이산화탄소, 물, 일 반적 인 포말 등을 사용하거나 미세한 물 분무로 살수할 수 있다. 저장방법은 서늘하고 환기

3. 실험 장치, 방법 및 재료

본 연구에서 사용한 스티렌은 Samchun사의 시료로서 별도의 정제과정을 거치지 않고 사용한다.

인화점 측정은 여러 매개변수(Parameter)에 의해 영향을 받는다. 영향을 주는 변수로는 용기형태, 시료량, 발화원, 온도조절기, 주위압력, 시료의 균일성, 실험자, 자료의 편차 등이 있다. 본 연구에서 사용된 장치의 Pensky-Martens과 Tag 개방식의 구성 요소를 간략히 소개한다⁴⁾.

Pensky-Martens 밀폐식 장치는 몸체부, Test Cup 장치부, 교반부, 화염 공급부로 나눌 수 있다. 몸체부는 가열공기조, 전원 개폐기, 진열 조절기, 투구판 등으로 구성되어 있다. Test Cup 장치부의 Cup은 용량이 100ml 정도이며, 재질은 열전도도가 높은 구리로 되어 있고, Test Cup Handle, 온도계 삽입구, Test Cup 상부 개폐기 손잡이로 구성되어 있다. 교반부는 교반기, 굴곡축, 140~150회/min을 교반하는 전동기로 구성되어 있다.

Tag 개방식 장치는 가연성 액체의 인화점 및 연소점 측정이 가능한 장치로서, 구성은 시료컵, 승온 다이얼, 수조, 시험염 발생 장치 등으로 구성되어 있으며, 부가 장치로는 시료 컵의 시료 수위를 조절할 수 있는 레벨수준 유지장치(Level Device)가 있다. 각 인화점 측정 장치들의 용기 특성 및 시험 방법을 요약하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Comparison of several flash point test methods

| Test methods | Test vessel diameter(cm) | Test vessel depth(cm) | Test vessel volume(ml) | Heating method |
|------------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| ASTM D93 Pensky-Martens closed-cup | 5.085 | 5.6 | 100 | For ordinary liquids, the temperature of the specimen is increased at 5-6°C/min |
| ASTM D1310 Tag open cup | 5.3 | 5.0 | 70 | The temperature of the specimen is increased at 1±0.25°C/min. |

4. 결과 및 고찰

스티렌의 폭발한계 자료를 검토한 결과 실험장치의 크기나 모양 그리고 화염점과방향에 따라 달라진다는 사실은 Table 1에서 알 수 있었다. 그 동안 공정에서 안전을 위해 폭

발하한계의 자료를 인용하고 있는데 하한계는 1.1 Vol.%와 상한계는 6.1 Vol.%를 많이 인용하였다.

스티렌의 폭발하한계의 자료를 검증하기 위해 Antoine 식⁵⁾을 사용하여 폭발하한계를 계산하였는데, 사용된 Antoine 식은 다음과 같다.

$$\log P^f = 7.50233 - \frac{1819.81}{(t + 243.662)} \quad (1)$$

여기서, P^f 는 증기압(mmHg)이고, t 는 온도(°C)이다.

식 (1)을 이용하여 폭발한계를 예측할 수 있는데, Pensky-Martens과, Tag개방식에 의해 얻어진 인화점을 이용하여 폭발하한계의 계산 결과를 Pensky-Martens 장치의 32°C는 폭발하한계 1.05 Vol%, Tag개방식의 36°C는 1.30 Vol%로 계산되었다.

참고문헌

1. A.A. Kline, C.R. Szydlak, T.N. Rogers and M.E. Mullins, "An Overview of Compiling, Critically Evaluating, and Delivering Reliable property Data AICHe DIPPER Project 911 and 912", Fluid Phase Equilibria, Vol. 150-151, pp.421-428(1998).
2. D. Drysdale, "An Introduction to Fire Dynamics", 2nd ed., Jone Wiley & Sons (1998).
3. V. Babrauskas, "Ignition Handbook", Fire Science Publishers, SFPE(2003).
4. D.M. Ha, "Investigation of Reliability of Flash Points and Autoignition Temperatures of Acids", J. of the Korean Society of Safety, Vol. 24, No. 2, pp.42-47(2009).
5. J. Gmehing, U. Onken and W. Arlt, "Vapor-Liquid Equilibrium Data Collection", DECHEMA(1980).