

# 인화성 용매의



이 윤 용  
(KAIST 책임연구원)

## 1. 머리말

산업이 발달함에 따라 인화성 용매를 사용하는 산업현장이 늘어나고 그 사용량도 커져 이로 인한 재해위험도 높아지고 있다. 인화성 용매로 인한 산업재해는 화재와 폭발을 동반하므로 막심한 재산의 손실과 인명의 피해를 주는 대형 사고로 이어질 위험이 크므로 이러한 인화성 용매사용에 대한 각별한 주의와 재해방지를 위한 노력이 어느때 보다 중요하게 되었다.

본 고에서는 산업에서 많이 쓰이는 인화성 용매의 특징과 산업재해사례 및 재해원인을 살펴봄으로써 인화성 용매로 인한 재해방지의 교훈을 얻고자 한다.

## 2. 인화성 용매의 종류와 물성

〈표1〉은 산업체에서 흔히 쓰이는 대표적인 인화성 용매와 물성을 나타낸 것이다. 여기에서 인화점 (flash point)이란 공기중에서 불꽃(spark)과 접촉을 때 발화할 수 있는 충분한 양의 증기를 발생시킬 수 있는 액체의 최저온도를 뜻하며, 인화성 용매란 이러한 인화점이 낮은 액체를 말하는 것이다. 자연 발화점 (autoignition point)은 공기나 산소와 같은 산화제가 있을 때 발화원이 없이도 액체가 자발적으로 발화하는 최저온도를 뜻하는 것이다.

인화성 용매는 인화점이 22.8℃이하인 것과 22.8℃ ~65.6℃ 이하의 것으로 분류하기도 하지만 어느 경우라도 인화성이 매우 강한 용매로서 취급에 세심한 주의를 기울이지 않으면 안된다.

## 3. 인화성 용매의 상식

일반적으로 인화점이 높은 용매는 안전하고, 따라서 폭발을 초래하지 않는다고 생각하기가 쉽다. 그러나 이러한 상식은 액체의 온도가 인화점보다 낮을 때만 유효한 것이라는 것을 상기할 필요가 있다. 연료유나 열매체유와 같은 비점(boiling point)이 높은 액체도 일단 인화점 이상으로 가열되면 위험하게 되므로 휘발유를 취급할 때와 같은 주의를

# 재해와 대책

하지 않으면 안된다.

또한 용매가 미세한 분무(mist)형태로 되면 용매의 인화점보다 50℃나 낮은 온도에서도 폭발할 수 있다. 그리고 대기압에서 인화점이 50℃인 용매도 압력이 1 psi로 떨어지면 인화점이 20℃로 저하되어 상온에서도 폭발을 일으킬 위험이 커지게 된다.

비교적 인화점이 높은 두가지 용매라도 서로 혼

합되면 인화점이 매우 낮아지게 되는 경우가 있다는 사실도 알아둘 필요가 있다. 인화점이 낮은 용매가 섞이면 이 위험은 더욱 커지게 된다. 단 2%의 휘발유(gasolin)가 섞임으로써 용매의 인화점을 37℃에서 15℃로 22℃나 저하시키는 예도 있다.

인화성 용매의 증기는 공기중에 섞여 폭발한계 조성을 이루면 발화원의 유무에 관계없이 조만간 폭발한다는 사실을 인정하고 증기와 공기의 혼합을 방지해서는 안된다. 화재가 발생하기 위해서는 공기와 연료 그리고 발화원이 동시에 존재하여야 하며 이 중에서 한가지라도 결여되면 화재는 발생하지 않는 것으로 알려져 있다. 그러나 이론적으로는 이것이 타당하지만 인화성 용매를 다량으로 사용하는 산업현장에서는 이러한 이론은 빛나가기가 쉽다. 왜냐하면 인화성 용매가 증기상으로 공기와 섞이기만 하면 발화원은 예기치 않은 곳에서 얼마든지 나타날 수 있기 때문이다.

실제로 인화성 용매가 증기상으로 공기와 섞여 있을 때 발화에 필요한 에너지는 약 0.2millijoule로서 이는 동전이 5mm 높이에서 떨어질 때 생기는 정도의 아주 미미한 에너지이다. 물론 이 에너지가 화재를 일으키기 위해서는 짧은 시간과 공간에서 스파크와 같은 형태로 집중되어야 하지만 이러한 사

〈표 1〉 주로 사용되는 인화성 용매의 특성치

|   | Boiling Pt. (°C) | Vapour Press.<br>mm·Hg·at (20°C) | Flash Pt.<br>(Closed Cup) (°C) | Auto-ignition Pt.<br>(°C) |
|---|------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Acetone                                     | 56.5             | 177                              | -16.7                          | 538                       |
| Acetaldehyde                                | 20.2             | 760 (321/H <sub>2</sub> O)       | -37.8                          | 185                       |
| Benzene                                     | 80.1             | 76                               | -11.1                          | 538                       |
| Carbon disulphide                           | 46.5             | 295                              | -30                            | 100                       |
| Cyclohexane                                 | 81.0             | 77                               | -17.2                          | 296                       |
| Diethyl ether (lab. ether)                  | 35.0             | 442                              | -40                            | 180                       |
| Ethyl alcohol (Ethanol)                     | 78.3             | 44                               | 12.7                           | 400                       |
| Methyl alcohol (Methanol)                   | 64.5             | 95                               | 15.5                           | 427                       |
| Methyl acetate                              | 57               | 265 at 30°C                      | -10                            | 502                       |
| Ethyl acetate                               | 77.1             | 73                               | -4.4                           | 427                       |
| Toluene                                     | 10.5             | 22                               | +4.4                           | 550                       |
| Xylene (mixture of o, m, p, isomers)        | 38.1             | 11 at 30°C                       | -17.2                          | 482                       |
| Petroleum ether 40-60<br>(Petroleum Spirit) | 40-60            |                                  | -45.5                          | 240                       |

(문헌 : P.J.Gaston, The Care Handling and Disposal of Dangerous Chemicals, The Institute of Science Technology, Aberdeen, 1965)

실은 인화성 증기와 공기가 섞여있는 경우에 발화원은 예기치 않은 어느 곳에서든 나타날 수 있다는 사실을 강조하는 것이다.

예기치 않은 곳에서의 발화원의 형태중 하나로 정전기(static electricity)를 들 수 있다. 만약에 인화성 용매가 증기상으로 공기와 섞여있을 때 먼지 입자나 액적이 포함되어 있으면 이것이 정전기를 발생시키고 이 발생된 정전기가 공구나 파이프 조각같은 현상의 지선과 연결되어 있지 않은 전도체에 축적되었다가 스스로 방전하게 된다. 또 다른 예로는 스스로 타는 물질(pyrophoric material)이나 화학반응을 일으킬 수 있는 촉매가 존재할 수도 있고 콘크리트벽에 강철이 부딪치면서 생기는 마찰에 의해서 발화할 수 있다.

그러므로 발화원이란 인화성 증기와 공기의 혼합물이 형성됨으로써 발생하며, 따라서 재해를 방지하기 위해서는 무엇보다도 인화성 용매를 밀폐 용기에 저장하고 어느 경우에서나 용매와 공기의 접촉을 방지해서는 안된다는 것을 다시 한번 유념하지 않으면 안된다.

특히 바닥에 묻어 있는 더럽혀진 기름을 인화성 용매로 닦아낸다면 지면이 없는 용기에 용매를 담아 이송하는 일은 절대로 금하여야 한다.

#### 4. 인화성 용매의 누출재해

인화성 용매를 대량으로 처리하는 공장에서 빈번히 일어나고 그 피해가 극심한 재해는 인화성 용매의 누출로부터 야기되는 증기운폭발(vapor cloud explosion)이다.

화학공장의 경우 비록 고압하에서 운전되더라도 용매는 밀폐된 가압용기내에 공기와 차단되어 있고, 또 저압저장조에서는 질소로서 공기와와의 접촉을 방지할 수 있도록 설계되고 유지되므로 비교적 안전하게 관리할 수 있지만, 부지불식간에 외부로 누출되어 나오는 인화성 용매는 공기와 혼합되어 증기운(vapor cloud)을 형성하기 쉽고 이것이 발화원에 의하여 폭발하면 극심한 재해를 일으키게 된다.

따라서 누출로 인하여 형성된 증기운의 직경이 1ft 이상 된다고 판정되면 이 안에 들어가서 누출을 차단하기 위해서 조인트를 조인다거나 수선 작업

〈표2〉 화학공장에서의 증기운폭발을 유발한 누출지점

| 누출지점   | 발생수 | 비 고  |
|--|-----|--|
| Transport container                            | 10  | Includes 1 zeppelin  |
| Pipeline(incl. valve, flange, sight-glass etc) | 34  | Includes 1 sight-glass and 2 hoses   |
| Pump   | 2   |  |
| Vessel   | 5   | Includes 1 internal explosion. 1 slopover and 1 failure due to overheating |
| Relief valve or vent                           | 8   |  |
| Drain valve                                    | 4   |  |
| Error during maintenance                       | 2   |  |
| Unknown  | 2   |  |
| Total  | 67  |  |

(문헌 : T.A.Kletz. What Went Wrong?, Gulf Publishing Company, London, 1985)

을 하는 것은 절대로 금해야 한다.

〈표2〉는 화학공장에서의 증기운 폭발의 원인이 된 누출장소를 나타낸 것이다. 여기서 보면 누출은 공장의 주요장치에서 보다는 간과하기 쉬운 장소에서 많이 생기는 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 부분에 대해서는 보다 세심한 점검과 관리가 있어야 될 것이다. 특히 배관은 비록 단시간의 보수기간 동안만 사용한다 할지라도 소홀해서는 안되고 새로운 공장의 배관공사에서와 같은 세심한 설계와 점검하에서 이루어져야 한다는 것이 강조되고 있다.

#### 5. 맺는 글

비록 위험을 내재하고 있지만 많은 인화성 용매는 인간생활에 요긴하게 쓰이는 물질이다. 따라서 우리는 인화성 용매를 보다 지혜롭게 사용하고 그 위험을 극소화할 수 있도록 계속 노력하여야 할 것이다. 이렇게 하기 위해서는 사용하는 인화성 용매의 성질과 특성 그리고 안전관리사항을 숙지할 필요가 있으며 산업현장에서는 공장의 설계단계에서부터 건설, 운전단계에 이르기까지 인화성 용매의 위험을 충분히 고려하여야 할 것이고 또한 누출을 방지하기 위한 안전점검과 부단한 안전교육이 있어야 할 것이다. ☹