

**온도가 인화점 아래에 있었지만...**

2017년 3월

1986년 파이롯 공장의 38리터 교반용기에서 폭발이 있었습니다. 산화반응은 1,825kPa의 순산소의 환경에서 이루어졌습니다. 용기는 산소의 대기상태에서 내용물의 인화점 아래인 50°C에서 사용중 이었고, 가연성 증기 농도가 폭발하한(LEL) 아래였기 때문에 점화조건으로부터 안전하다고 생각되었습니다. 갑작스러운 폭발 발생하기 전 41분동안 공정 상태는 안정적이었습니다. 폭발로 인해 5200kPa의 반응기가 파열되었고, 시설물은 큰 손상을 입었으며(그림1), 몇몇 작은 화재를 일으켰습니다. 다행히 아무도 다치지지는 않았습니다.

그림 1: 손상된 시설물



용기는 내용물의 인화점 아래에서 운전 중이었기에, 용기내 연료 증기 농도는 점화가 발생하기에는 상당히 낮았으며 폭발위험은 없었습니다. 그러나, 연료는 증기뿐만 아니라 존재하지는 않았을 것입니다(분진 폭발을 생각해 보세요). 사고조사는 용기의 교반기가 미세한 액적의 분무를 만들었다고 결론지었습니다. (그림 2) 이 작은 액적은 약 1 마이크론 정도의 평균 크기를 가지고 있었음에 추정되었습니다. 비교를 해보자면, 인간의 머리카락의 지름이 분무 액적보다 40~50배 큼니다. 가연성 테스트는 그 분무가 공기가 있는 방안의 상온온도에서 점화될 수 있음을 입증하였습니다. (그리고 이 분무는 순산소 조건에서는 훨씬 쉽게 점화 되었을 것이고, 용기 내에는 연료와 산소 둘다 있었습니다.) 그러면 점화원은 무엇이었을까요? 폭발의 점화원을 입증하는 것이 종종 어렵지만, 사고조사는 가장 가능성있는 점화원으로 이전 용기실험 후 남겨진 분해되고 분무를 점화할 충분한 열을 가진 오염물질로 정했습니다.

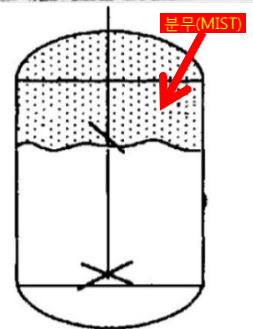


그림 2: 교반기로 인해 매우 작은 가연성 액적분무가 형성

[참고문헌: Kohlbrand, H. T., *Plant/Operations Progress* 10 (1), pp. 52-54 (1991).]

**알고 있었나요?**

- 인화점 아래의 온도에서 가연성 액체 방울의 분무는 가연성 증기와 공기의 혼합상태와 같이 폭발적일 수 있습니다. 폭발 메커니즘은 연료가 작은 고체 입자라기 보다 오히려 작은 크기의 액체방울로 존재한다는 것을 제외하고는 분진폭발과 비슷합니다.
- 분무는 많은 방법으로 형성될 수 있습니다. 이번 사고에서는 액체 표면 주변의 교반기 날개의 활발한 교반이 분무를 형성하였습니다. 분무는 또한 가압된 배관, 용기 또는 다른 장치에서의 액체 누출, 예를 들면, 플랜지 누출, 가압배관 또는 용기의 구멍 또는 펌프 실에서의 누출에 의해 형성될 수 있습니다.
- 유틸리티 또는 유지보수 시스템에서의 누출도 점화 가능한 분무를 만들 수 있음을 잊지마세요. 예를 들어, 윤활유, 열매체 또는 연료유의 누출로 인한 분무 점화 사고들이 있었습니다.

**무엇을 할 수 있을까요?**

- 누출 또는 유출에 대응할 때 가연성 액체의 분무로 인한 화재나 폭발이 가능성을 인지하세요. 분무가 있다면, 인화점 아래의 온도라서 위험이 없을 거라 가정하지 마세요. 누출로 인한 가연성 증기운이 형성시, 여러분이 점화를 방지하고 사람을 보호하기 위해서 행동할 똑같은 조치를 취하세요.
- 여러분이 어느 공정장치 안에서 분무 또는 안개를 발견하였다면, 관리자에게 알려서 적당한 예방조치가 이루어 지도록 하세요..
- 유틸리티 유체를 포함 어떠한 가연성 물체의 누출이라도 여러분의 공장에서 발견하였다면, 신속히 보고하세요.

**가연성 액체 분무는 화재 또는 폭발 일으킬 수 있음을 기억하세요!**