

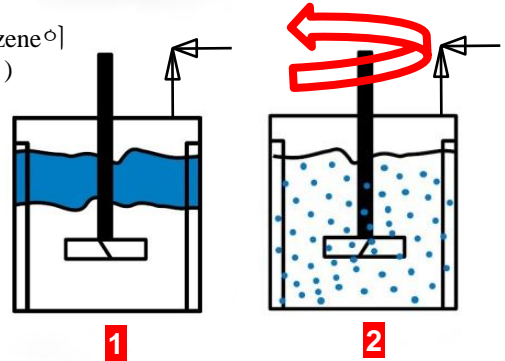
## 만일 교반기가 작동하지 않는다면?

2018년 8월

1993년 독일의 어느 플랜트에서는 36 m<sup>3</sup> (9500 미국 갤런) 용량의 회분식(batch) 반응기에서 메탄올에 용해된 가성소다와 o-chloronitrobenzene이 반응하여 o-nitroanisole을 생산하고 있었습니다. 이는 발열반응(열을 생성)으로, 약 80 °C에서 5시간 이상 가성소다가 관행적으로 추가되고 있었습니다.

놀랍게도 이 회분식 반응에는 냉각이 요구되지 않았습니다! 사실, 필요한 온도를 유지 하기 위해선 냉각보다는 오히려 증기 보온이 필요했습니다. 가성소다가 추가되는 동안 교반기를 작동하지 않았음이 밝혀졌습니다. 반응물이 제대로 혼합되지 못했습니다(1). 교반기가 가동되자 미반응 화학 물질이 섞이기 시작했고 (2), 회분식 반응기의 온도가 신속하게 증가해 160 °C (320 °F)를 초과 했습니다. 온도 상승에 따라 발열 반응이 발생 했습니다. 반응기에서 10 m<sup>3</sup> (2650 미국 갤런)

상당량의 내용물이 릴리프 밸브(안전밸)를 통해 대기로 배출되었습니다. 인근 주거지역을 포함해 광범위한 권역이 오염 되었습니다. 부상자는 발생하지 않았지만, 보전에 위협이 되었습니다. 직접 비용이 약 4천만 DM (1993년 독일 마르크화 기준, 오늘날 미국 달러화로 약38 백만불에 상당)에 달했습니다.



### 알고 계신가요?

- ▶ 화학물질들은 서로 접촉하지 않으면 반응하지 않습니다. 반응기에서 교반이 부재하다면, 반응은 느리거나 중지되며, 반응치 못한 화학 물질이 축적 됩니다. 발열반응에서 이는 심각한 위험입니다. 교반기를 재가동하기 시작했다면 상당한 미반응 물질로 인해 반응이 급격하게 일어날 것이고, 냉각시스템이 과열을 빨리 제거하지 못해 반응기 온도를 제어하지 못 할수도 있습니다.
- ▶ 혼합은 액체-고체 또는 유기-수성 액체와 같은 다상(多相) 혼합물을 취급하는 용기엔 지극히 중요합니다. 또한 용기의 물질들이 상호 용해하는 경우에도 중요합니다. 아래 그림에선 물에 완전히 용해 되는 발사믹 식초가 혼합되지 않고 물에 추가 됩니다. 식초는 유리컵 바닥에 가라앉고 숟가락으로 저을 때까지 균일한 용액을 형성할 수 없습니다.

### 무엇을 할 수 있을까요?

- ▶ 회분식이든 연속식이든 반응기에 교반 기능이 상실된 경우, 교반기를 다시 재가동하기 전에 기술 지원을 받으세요. 기술 전문가가 적절한 조치를 결정할 수 있도록 데이터를 수집하고 공유하세요. 예를 들어, 얼마나 오랫동안 교반기가 작동되지 않았는지, 그 동안 무엇이 용기에 추가 되었는지, 용기의 온도와 압력 이력이 어떠한지 말입니다.
- ▶ 교반이 부족하면 원치않는 반응으로 인해 다른 용기에도 문제가 생길 수 있다는 사실입니다. 교반하지 않으면 용기 내에 상당한 온도와 농도 차이가 있을 수 있습니다. 이로 인해 냉각 표면의 결빙, 가열 표면의 비등, 용액에서의 침전물, 또는 슬러리에서 고체 결정이 발생할 수 있습니다. 혼합 부족으로 공급재료의 구성 변동은 후단 공정의 다른 설비에 운영 및 안전문제를 일으킬 수 있습니다.
- ▶ 교반없이 용기를 가열 또는 냉각하는 것은 효율적이지 않고, 용기의 내용물이 혼합되지 않았다면 측정 온도가 정확하지 않을 수 있습니다.



참고 Gustin, J-L., "How the Study of Accident Case Histories Can Prevent Runaway Reaction Accidents to Occur Again." *ICChemE Symposium Series No. 148*, pp. 27-40, 2001.

**안전을 위해 반응기가 교반되도록 하세요!**

© AIChE 2018. 판권소유. 비상업적이거나 교육적인 용도로의 전재는 권장됩니다. 그렇지만 AIChE의 승인없이 어떠한 상업적인 용도로도 사용하지 할 수가 없습니다. [ccps\\_beacon@aiche.org](mailto:ccps_beacon@aiche.org) 으로나 1-646-495-1371번으로 연락주십시오.