

반응억제제의 화재·폭발 위험성 평가 (1/2)

위험성 평가 실시 배경

- 최근 국내 플라스틱 제조 공장에서 발생한 중대산업사고로 인화성 용제에 페노티아진, 하이드로퀴논 2종 반응억제제를 용해하기 위해, 페노티아진을 투입하는 과정에서 하이브리드형(분진과 인화성 증기 혼합) 폭발이 발생
- 페노티아진과 하이드로퀴논은 주로 라디칼 및 산소 제거 목적으로 화학, 기계, 페인트, 화장품 등 다양한 산업 분야에서 활용되고 있는 물질이기도 하며, 반응폭주 등 긴급한 상황에도 활용될 수 있어서 이번 사고가 시사하는 의미가 큼

가연성 분진 투입 작업의 위험성

- <표 1>은 '최근 10년간 가연성 분진 투입 작업 중 발생한 주요 중대산업사고'로 회분식 반응기, 혼합기 등에 가연성 분진을 투입하는 과정에서 지속적으로 화재·폭발 사고가 보고되고 있음

<표 1> 최근 10년간 가연성 분진 투입 작업 중 발생한 주요 중대산업사고

구분	연도	지역	업종	사고 내용	피해(명)	비고
1	2021	경북 경산	점착제 제조	회분식 반응기에 약 20 kg 크기의 첨가제를 투입 중 폭발	부상1	-
2	2020	충남 아산	의약품 제조	회분식 반응기에 약 20 kg 크기의 원료를 투입하던 중 폭발	부상1	-
3	2018	충남 천안	페인트 제조	혼합기에 약 25 kg 크기의 부원료를 투입하는 과정에 폭발	부상2	-
4	2017	부산	페인트 제조	혼합기에 1톤 크기의 톤백으로 배합 원료를 투입하는 과정 화재	부상2	-
5	2016	충남 아산	의약품 제조	회분식 반응기에 약 40 kg 원료를 투입하던 중 폭발	부상2	-

- 이런 유형의 작업에서 화재·폭발 사고가 다수 발생하는 원인을 분석한 결과, 점화원이 유일한 화재·폭발 위험성을 제어할 수 있는 수단이라서 통계 수학적으로도 다른 작업보다 위험성이 높은 점이 확인되었으며, 사고 예방을 위해서는 정전기를 비롯한 점화원 제어를 위해 보편적인 수준 이상의 관심과 노력이 필요함

위험성 평가 결과

- 페노티아진과 하이드로퀴논은 입도 자체가 작고 아민기(-NH₂), 히드록시기(-OH)와 같은 작용기를 가지고 있는 물질로써, 시험 결과 최대분진폭발압력은 각각 7.6 bar, 7.8 bar로 측정되었으며, 산정한 폭연지수 기준으로는 St 2(분진폭발에 의한 위험성이 큰 물질) 분진폭발 등급으로 분류되었고, 최소점화에너지 또한 1~3 mJ 수준으로 분진폭발 강도도 높으면서 민감도 또한 높은 위험성이 있음

<표 2> 분진폭발 특성 시험 결과

물질명	입도(d ₅₀) [μm]	최대분진폭발압력 [bar]	분진폭발지수(등급) [bar·m/s]	최소점화에너지 [mJ]
페노티아진	1.664	7.6	252(St 2)	1 ~ 3
하이드로퀴논	1.749	7.8	288(St 2)	1 ~ 3

반응억제제의 화재·폭발 위험성 평가 [2/2]

정전기 방전으로 인한 화재·폭발 사고 예방

정전기 대전·방전의 개념

- ✓ 일상에서 흔히 접촉·마찰을 통해서 정전기 대전·방전을 경험·학습하게 되기 때문에 정전기라는 것이 대부분 접촉·마찰을 통해서만 발생하는 것으로 오해하고 있음
- ✓ 접촉·마찰과 같은 현상에 의해서 정전기 대전·방전이 가속될 수는 있으나 접촉·마찰 뿐만 아니라 분체의 충돌, 유체의 운동(특히 난류) 과정에서 발생하는 전자기파에 의해서 정전기 대전·방전 현상이 발생

가연성 분진 투입 작업에서 정전기 방전의 위험성

- ✓ 가연성 분진을 투입하면서 분진운의 형성과 더불어 해당 공간 전체가 미세한 전자기파에 노출되면서 정전기 대전·방전이 발생함
- ✓ 다시 말해서, 가연성 분진 투입 중 분진이나 포장재와 전혀 접촉이 없는 작업 장소 주변까지 전자기파의 영향에 노출되며, 특히 이때 정전용량이 큰 도전성 금속*이 절연된 상태라면 스파크 방전**까지 발생하게 됨

* 작업복 금속 단추, 벨트 버클, 바닥의 금속 조각 등

** (스파크 방전) 플라스틱이나 식품 분진폭발을 일으키기에 충분한 에너지를 가진 정전기 방전 현상

- ✓ 참고로 연구 결과에 따르면 정전용량이 큰 금속뿐만 아니라 플라스틱 재질의 포장재에서도 충분히 분진폭발을 일으킬 수 있는 수준의 정전기 방전이 발생함

사고예방 조치

근원적 사고 예방 조치 방안

가연성 분진 투입 과정에서 분진운의 형성을 최소화하고 전자기파의 발생을 최소화하기 위해서는 투입 속도를 최대한 천천히 조절

※ 특히 포장재의 잔류 분진을 털어내는 작업시 큰 정전기 방전이 발생

관리적 사고 예방 조치 방안

- ① 바닥의 금속 조각 등을 포함하여 가연성 분진 투입 작업 장소 주변의 금속류는 철저히 접지하여야 함
- ② 가연성 분진 투입 작업이 정전기 방전으로 인해서 화재·폭발 사고가 발생할 확률이 높은 작업이라는 점을 인지하고, 제전복, 제전화뿐만 아니라 심지어 노동자 명찰 등의 재질까지 관리하려는 노력이 필요
- ③ 완전한 제전 방법은 아니지만 작업장의 상대 습도를 60% 이상으로 유지하는 경우 정전기 대전·방전 위험을 큰 확률로 낮출 수 있음

정전기 대전·방전 현상을 완전하게 제어하는 것은 현재 과학·기술로 한계가 있으므로 가연성 분진을 투입하는 작업에 있어서는 정전기 대전·방전으로 인한 화재·폭발 사고 위험을 제어하기 위해서 보다 큰 관심과 노력이 필요